

BULLETIN INTERNATIONAL
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

DE CRACOVIE

CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES

SÉRIE B: SCIENCES NATURELLES

ANZEIGER

DER

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KRAKAU

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE

REIHE B: BIOLOGISCHE WISSENSCHAFTEN

ANNÉE 1916



CRACOVIE

IMPRIMERIE DE L'UNIVERSITÉ

1917

BULLETIN INTERNATIONAL
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE CRACOVIE
CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES

SÉRIE B. SCIENCES NATURELLES

Marionina tatrensis, nova species Enchytraeidarum.

Note

de M. M. KOWALEWSKI,

présentée, dans la séance du 17 Janvier 1916, par M. A. Wierzejski m. t.

Corpus circa 5 mm (nonnunquam usque ad 9 mm) longum, e segmentis circa 25 (nonnunquam usque ad 32) compositum. *Cutis* caret glandulis omnino. *Setae* tenues, fortiter sigmoideae, 3—9 (plerumque 5—7) in fasciculo. Quatuor paria *glandularum septalium*, ut figura 2-a demonstrat, dispositarum. *Vas dorsale* in segmento XIII initium capit. *Sanguis* flavidus. *Lymphocytæ* ellipsoideae, in utroque apice processibus filiformibus instructae, saepissime granula pigmenti fusco-nigri continentes. *Nephridia*: *anteseptale* minutum, sescuplo aut duplo longius quam latius, e nephrostomate et parte ductus nephridialis a nephrostomate retro tendenti et ex parte quadam eiusdem ductus ex postseptali ingredienti et in nodum flexâ constans. *Postseptale* lobatum, triplo aut quadruplo longius quam latius, retro usque ad setas ventrales pertinens. Pars externa ductus nephridialis in latere postico postseptalis initium capiens, brevis et crassa, canaliculum flexuosum continens. *Cerebri* formam figura 1-a ostendit. *Organa genitalia*: *infundibulum seminale* duplo aut triplo (et supra) longius quam latius, cylindricum, raro ovoideum potius, cum distincto et alto collari et glanduloso pariete; materia e glandulis secreta granula aut guttas minutas format, quibus in exemplis plane adultis totum infundibulum dense conspersum est. *Vas deferens* crassum, sat breve, nempe longitudine duplam latitudinem segmenti XII (in quo situm est) non excedit. Formam et magnitudinem et situm vulgarem *spermathecarum* figura 2-a monstrat (*spth*). Raro inveniuntur specimina, in quibus ambae spermathecae extensae segmenta V et VI occupant; rarissime spermathecae ambae

in angulum fractae segmento V solo continentur. *Clitellum* segmentum corporis XII et $\frac{2}{3}$ segmenti XIII comprehendit.

Exempla matura mense Augusto et Septembri inveniuntur.

Marionina tatrensis species est frequentissima in lacubus Mon-

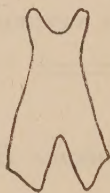


Fig. 1.

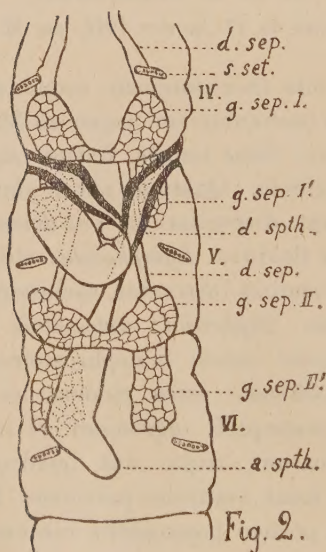


Fig. 2.

tium Tatricorum, praesertim in altitudine maiore et maximâ (2124 m) sitis.

Pleniorem descriptionem huius speciei proferimus in vol. LVI dissertationum, quae inscribuntur: Rozprawy Wydziału matematyczno-przyrodniczego Akademii Umiejętności.

Figuras nostras ope camerae lucidae secundum exempla conservata delineavimus.

O budowie i znaczeniu systematycznym odnóży wioślarek. — Über den Bau der Extremitäten bei den Cladoceren und deren Bedeutung für das System.

Mémoire

de M. A. LITYŃSKI,

présenté, dans la séance du 14 Février 1916, par M. M. Siedlecki m. c.

(Planche 1).

In meiner Abhandlung über die Cladocerenfauna der litauischen Gewässer (1915) habe ich eine Revision des Cladoceren-systems vorgenommen, wobei ich mich hauptsächlich auf die Anschauungen C. Wesenberg-Lund's (1904) und V. Langhans' (1909, 1911) stützte. Da ich im Einklang mit den beiden erwähnten Forschern die bisherige Spaltung der Unterordnung *Cladocera* in zwei Gruppen: „*Calyptomera*“ und „*Gymnomera*“ für eine künstliche, keineswegs genügend begründete Konzeption halte, trachtete ich, die neue Anordnung der Familien, Subfamilien, Gattungen und Arten durch die phylogenetischen Verhältnisse, die aus der Organisation der wichtigsten Körperteile ersichtlich sind, zu begründen. Der Bau der Extremitäten hat aber bisher nur eine flüchtige Berücksichtigung gefunden, obgleich man mit Recht erwarten durfte, daß die vergleichende Morphologie dieser für die Phyllopoden höchst charakteristischen Organe einiges Licht auf die verworrenen Verwandtschaftsverhältnisse dieser Tiergruppe werfen wird. Diese Lücke auszufüllen, soll das Ziel der vorliegenden Arbeit sein. Es muß aber dabei betont werden, daß die morphologischen Einzelheiten hier nur insofern Berücksichtigung finden sollen, als sie zur Erörterung der systematischen Beziehungen dienen können.

Die sogenannten Schwimmpfüße der Phyllopoden, aus denen durch eine Differenzierung der ursprünglich gleichartigen Organe

alle Extremitätenarten der Cladoceren entstanden sind — darunter auch die beiden Antennenpaare, die Maxillen, ja sogar, nach der Vermutung von B. Dybowski und M. Grochowski (1899) das Postabdomen — wurden bis jetzt nur recht dürftig erforscht. Das große Werk von W. Lilljeborg (1900) enthält zwar ein sehr umfangreiches Material dazu, da aber die neueren Untersuchungen ein bedeutendes Variationsvermögen bei sämtlichen Cladocerenarten feststellen, so ergab sich daraus die Notwendigkeit, die Grenzen dieser Veränderlichkeit im Bau der Extremitäten zu prüfen, um eine richtige Anschauung über die systematische Bedeutung der in Rede stehenden Organe zu gewinnen.

Zu meinen Studien habe ich hauptsächlich das von mir in den zahlreichen Wässern Polens und Litauens gesammelte Material benutzt und dabei meine eigenen Beobachtungen mit denen der anderen europäischen Forscher verglichen. Insbesondere habe ich meine diesbezüglichen Ergebnisse an den Beschreibungen und Zeichnungen Lilljeborg's eingehend kontrolliert. Es kann leicht geschehen, daß künftige, auf ein reichlicheres Vergleichsmaterial gestützte Untersuchungen auf diesem Gebiet meine Angaben für manche Cladocerenart erweitern oder auch richtigstellen werden. Durch Vergleichung der aus verschiedenen Örtlichkeiten stammenden Exemplare konnte ich mich aber überzeugen, daß die Extremitäten dieser Tiere zwar zugleich mit den übrigen Körperteilen variieren, ihre Variabilitätsskala aber eine gewisse, für jede einzelne Art festzustellende Grenze nicht überschreitet.

Die meisten von den hier angeführten Zahlen, betreffend die Bewehrung der Fußteile, sind Mittelwerte, die auf Grund eigener Beobachtungen mit Berücksichtigung der mir zugänglichen Literaturangaben ermittelt wurden. Bei zwei Gattungen: *Latona* und *Ophryoxus* konnte ich aber diese Methode nicht anwenden und mußte mich auf die von W. Lilljeborg (1900) veröffentlichten Angaben verlassen.

Die blattförmigen Schwimmfüße der Cladoceren treten in ihrer typischen Gestalt nur bei der ersten Gruppe dieser Unterordnung auf, die ich (1915) unter dem Namen *Procladocera* ausgesondert habe. Wenn man einen Fuß des 1. bis 5. Paares bei *Sida crystallina* O. F. Müller mit demjenigen der Euphyllopoden vergleicht, bemerkt man, daß die Umgestaltung dieser Organe bei den Clado-

ceren hauptsächlich auf eine auffallende Reduktion des sogenannten Innenastes zurückzuführen ist. Von den sechs Teilen, aus welchen dieser Fußteil in seiner typischen Ausbildung bei den Euphyllopoden besteht, ist bei den Sidinen bloß ein einziger, lang beborsteter Lappen erhalten, der lediglich in seinem distalen Endteil eine Andeutung von Gliederung aufweist. Man kann somit bei den Sidinen anstatt sechs verschiedener Lappen des medialen und des apikalen Fußrandes wie Basipodit, Ischiopodit, Mesopodit, Endopodit, Exopodit und Subexopodit von einem einheitlichen Innenaste reden. Zugleich werden die zwei Kiemenlappen der Euphyllopoden: der Branchipodit und Subbranchit bei den Sidinen durch einen einzigen sackähnlichen Anhang vertreten. Was hingegen den ersten medialen Lappen, den sonderbar gestalteten Coxopoditen (=Maxillarfortsatz) und den großen lateralen Epipoditen (=Außenast) anbetrifft, so sind diese beiden Fußteile bei den Sidinen fast eben so gut wie bei den Euphyllopoden erhalten, wenngleich ihre Bewehrung in der Regel schwächer geworden ist.

Der Schwimmfuß der *Sidinae* enthält daher im ganzen folgende fünf Hauptteile:

- 1) den Stiel oder Stamm (*Stipes*),
- 2) den Außenast (*Ramus exterior*),
- 3) den Innenast (*Ramus interior*),
- 4) den Maxillarfortsatz (*Processus maxillaris*),
- 5) den sackähnlichen Anhang (*Appendix sacciformis*).

Wenn wir einen solchen vollständig entwickelten Fuß des ersten Paares bei *Sida crystallina* eingehender betrachten, finden wir an jedem von den fünf aufgezählten Teilen folgende Bauverhältnisse.

Der kurze Stiel (Taf. 1, Fig. 1, *s*) entbehrt jedweden Fortsatzes. An seiner inneren Seite entspringt der nach hinten gerichtete Maxillarfortsatz (*m*), welcher eine mit einer Reihe gekrümmter, zweigliedriger Fiederborsten ausgerüstete Scheibe darstellt; von den Borsten, deren Zahl 14—16 beträgt, sind zwei gröber und anders gerichtet, die eine davon etwa zweimal länger als die übrigen. Der Außenast (*e*) bildet eine längliche, ungefähr rechteckige, am Ende leicht verbreiterte Scheibe, welche bis etwa zur Mitte ihrer Länge mit dem Innenast verwachsen ist. Eine deutliche Segmentierung fehlt, doch befinden sich am freien Hinterrande 3—4 bogenartige Ausschnitte, die durch vier Borsten voneinander ab-

gegrenzt sind; von diesen Borsten sind die zwei proximalen einander genähert. Am verbreiterten Ende des Außenastes stehen fünf lange, gefiederte Borsten und daneben jederseits eine kürzere. Im ganzen trägt daher dieser Ast 11 Borsten und außerdem längs des inneren Seitenrandes eine feine Behaarung. Der Innenast (*i*) ist etwas kürzer als der Außenast und stellt eine länglich-ovale Scheibe dar, die längs ihres freien Hinterrandes¹⁾ sowie am abgerundeten distalen Ende eine Reihe zahlreicher (bis 35), langer, ähnlich wie am Maxillarfortsatz gebauter und nach hinten gerichteter Borsten trägt. Diese dünne Scheibe zeigt nur an ihrem distalen Ende 3—4 undeutlich voneinander abgetrennte Segmente. Der sackähnliche Anhang ist länglich, schief nach hinten gerichtet, gegen sein Ende verjüngt und hat nach der Ansicht aller Autoren eine respiratorische Funktion. Daß aber dieser Anhang nicht allein zu dieser Tätigkeit befähigt ist, dafür spricht seine völlige Reduktion bei einigen Cladoceren, wie unten an betreffender Stelle angedeutet wird.

Sehr ähnliche Bauverhältnisse weist das erste Fußpaar bei drei nächst verwandten Gattungen: *Limnosida*, *Latona* und *Diaphanosoma* auf. Ein Unterschied besteht vorwiegend nur darin, daß der Außenast bei ihnen meistens eine Borste weniger trägt und im Vergleich mit dem Innenast bei *Latona* und *Diaphanosoma* etwas länger, bei *Limnosida* dagegen kürzer als bei *Sida* ist. Der Innenast ist bei den zwei ersteren Gattungen mit zahlreicheren Borsten ausgestattet: bei *Latona* etwa 42, bei *Diaphanosoma* bis 55, bei *Limnosida* hingegen hat dieser Ast durchschnittlich nur zirka 30 Borsten²⁾. Der Maxillarfortsatz ist bei *Diaphanosoma* und *Limnosida* schwächer und trägt weniger zahlreiche Borsten: 7—10. Der

¹⁾ Zur leichteren Orientierung wurden die meisten hier angeschlossenen Figuren nach „ausgebreiteten“ Füßen gezeichnet, d. h. nachdem ihr Innenast nach vorne abgebogen worden war.

²⁾ Bei der Art *Limnosida frontosa* G. O. Sars beobachtete A. Behning (1912, 1913), daß die Borstenzahl des Innenastes und des Maxillarfortsatzes vom Frühling zum Herbst hin zunimmt, und zwar betragen die gefundenen Mittelwerte für den ersten Teil 25—29, für den zweiten 8·5—10 Borsten. Außerdem bemerkte der Verfasser bei seiner Untersuchung der von S. Ekman in Schweden gesammelten Exemplare, daß die nordischen Vertreter dieser Art eine etwas dichtere Beborstung der erwähnten Fußteile besitzen. Selbstverständlich bewegt sich auch diese lokale Variabilität in engen Grenzen.

sackähnliche Anhang hat seine gewöhnliche rundliche oder ovale Form.

Der Bau der drei nachfolgenden Fußpaare stimmt bei sämtlichen Sidinen vorwiegend mit demjenigen des ersten Fußpaares überein. Die Bewehrung der mit Borsten ausgestatteten Hauptteile unterscheidet sich von derjenigen des ersten Paares hauptsächlich dadurch, daß der Maxillarfortsatz beträchtlich zahlreichere Borsten trägt. Die Beborstung der beiden Äste weist hingegen kaum merkliche Abweichungen auf. Das fünfte Paar weicht schon deutlicher von dem ersten ab, und zwar durch folgendes: 1) der Innenast ist kleiner und seine Borstenzahl reduziert (bei *Sida* etwa 28—30, bei *Limnosida* 20—24, bei *Diaphanosoma* 30—40, bei *Latona* 35—36 Borsten); 2) der Maxillarfortsatz erscheint hingegen besser entwickelt und sein Borstenbesatz stärker (bei *Sida* 18—23, *Limnosida* 14—16, *Diaphanosoma* 20—30, *Latona* zirka 30 Borsten); 3) der Außenast zeigt dagegen eine größere Widerstandsfähigkeit: seine Größe wird im Vergleich mit den beiden ersteren Fußteilen beträchtlicher, nur die Borstenzahl sinkt auf neun. (Taf. 1, Fig. 2—3).

Das sechste Paar ist klein und verkümmert. Die Umbildung der beiden Äste geht hier in der oben angedeuteten Richtung noch weiter vor sich, und zwar wird der Innenast stärker reduziert, der Außenast bleibt aber verhältnismäßig besser erhalten, nur seine Bewehrung ist schwächer (6 Borsten). Der Maxillarfortsatz ist am sechsten Paar stets rudimentär, mit wenigen Börstchen und stachelähnlichen Papillen versehen. Der sackähnliche Anhang ist klein oder fehlt gänzlich (Taf. 1, Fig. 4). Wenn die Vermutung W. Liljeborg's (1900) berechtigt ist, daß der Maxillarfortsatz dazu dient, die Nahrung zu greifen oder sie zum Munde zu führen, so stimmt seine Reduktion am letzten Fußpaare der Sidinen mit seiner Untätigkeit an dem vom Munde entfernten Punkte wohl überein.

Die Maxillen stellen bei den Sidinen eine abgerundete Scheibe dar, die durch ihre Form sehr an den Maxillarfortsatz erinnert und mit 10—20 ähnlich gekrümmten Borsten versehen ist.

Den beschriebenen Bau der Rumpffüße findet man bei den am meisten typischen Vertretern der Phyllopoden unter den Cladoceren in der Subfamilie *Sidinae*. Die zweite von mir aufgestellte (1915) Subfamilie *Leptodorinae* unterscheidet sich von den Sidinen

vor allem durch den Bau ihrer Rumpffüße, deren alle sechs Paare zu länglichen, gegliederten Greiforganen umgewandelt sind, welche aus einem einzigen Aste mit wenigen kurzen Borsten bestehen. Von den übrigen Bestandteilen des ursprünglichen Blattfußes findet man hier am ersten Paare bloß den verkümmerten Überrest des Maxillarfortsatzes. Die nachfolgenden Fußpaare besitzen eine noch mehr vereinfachte Gestalt. Einer so weit gehenden Umbildung der Schwimmfüße begegnen wir bei den Cladoceren ausschließlich bei der zu der Familie *Polyphemidae* gehörenden Gattung *Bythotrephes*, die ebenso wie *Leptodora* stark ausgeprägten limnetischen Charakter besitzt.

Unter den übrigen Cladocerengruppen treten sechs Paare gut ausgebildeter Blattfüße nur in der Familie *Holopedidae* auf. Da andererseits diese Familie in ihrem Körperbau vom ursprünglichen Bautypus merklich abweicht, so dürfte eine eingehendere Verfolgung der die Rumpffüße betreffenden Veränderungen bei diesen Tieren zweifellos eine große Bedeutung für die Aufklärung der allgemeinen Evolutionsrichtung der in Rede stehenden Organe darstellen.

Die Füße des ersten Paares bewahren bei der Art *Holopedium gibberum* Zaddach (Taf. 1, Fig. 5) alle fünf oben beschriebenen Hauptteile und ihre Bewehrung ist folgende. Der Außenast trägt 10 Borsten, der Innenast 32—43¹⁾, der Maxillarfortsatz 25—26, darunter 2—3 größere, anders gerichtete Borsten. Wenn man noch in Betracht zieht, daß der Maxillarfortsatz sich außerdem durch seine beträchtlichere Größe auszeichnet, so kommt man zu dem Schlusse, daß das erste Paar bei *Holopedium* in seiner Ausbildung näher an das fünfte Paar als an die Paare 1—4 der Sidinen erinnert. Die folgenden zwei Fußpaare bei *Holopedium* unterscheiden sich von dem ersten Paar durch ihre noch stärkere Entwicklung des Maxillarfortsatzes und eine Abnahme der Borsten am Außenaste, deren Zahl an den beiden Füßen 7 beträgt. Das vierte Paar (Taf. 1, Fig. 6) trägt schon am Außenast nur 5 Borsten, und zwar eine Borste seitlich, die übrigen

¹⁾ Die in der Hohen Tatra lebenden Exemplare besitzen am ersten Paar nur 32—36 Borsten. Die nordischen (schwedischen) Formen unterscheiden sich hingegen nach Lilljeborg (1900) durch eine stärkere Bewehrung des Innenastes. (Vgl. die Anmerkung über *Limnoscida frontosa* auf S. 6).

4 am Apikalrande des Astes. Das fünfte Paar (Taf. 1, Fig. 7) zeigt eine weitere Reduktion der Bewehrung der Äste: 4 Borsten am Außenast, 20 am Innenast, dagegen bleibt die Borstenzahl des Maxillarfortsatzes fast unverändert: 20—25. Der sackähnliche Anhang (Taf. 1, Fig. 5a) ist an dem 2. bis 4. Paar sehr in die Länge ausgezogen, an dem 1., 5. und 6. Paar gänzlich reduziert. Das sechste Paar (Taf. 1, Fig. 8) ist klein, verkümmert. Die Maxillenbewehrung besteht aus 9—13¹⁾ typisch gebauten Borsten.

Wenn man die einzelnen Fußpaare von *Holopedium* mit denjenigen der *Sidinae* vergleicht, so bemerkt man in den beiden Gruppen die gleiche Tendenz nach Reduktion des ganzen Innenastes, nach Abnahme der Borstenzahl des Außenastes bei Erhaltung der Größe derselben an den hinteren Paaren. Demgegenüber steht bei *Holopedium* eine stärkere Entwicklungsfähigkeit des Maxillarfortsatzes, der bei der allgemeinen Verkümmern des fünften Paares hier im Vergleich mit dem ersten Paar verhältnismäßig größer ist, obgleich seine Bewehrung doch etwas zurückgeht. Nur am sechsten Paar (Taf. 1, Fig. 8) erscheint dieser Anhang stets rudimentär, da seine Bewehrung aus 2—3 kurzen Börstchen oder Zipfeln besteht, die vermutlich den anders gestalteten Fiederborsten des Maxillarfortsatzes an dem 1. bis 5. Paar homolog sind; von den übrigen an diesem Fortsatz sonst vorhandenen Borsten ist am sechsten Paar der Procladoceren bloß eine feine Behaarung geblieben. Ein besonderes Unterscheidungsmerkmal der Rumpffüße bei den Holopediden stellt der lange Kiemenanhang an dem 2. bis 4. Paar und die verhältnismäßig stärkere Ausbildung des Innenastes dar, welcher an den drei vordersten Füßen länger als der Außenast, am vierten Paar demselben gleich ist.

In der Familie *Polyphemidae* begegnen wir abermals prehensilen, deutlich segmentierten Rumpffüßen, die bei der Gattung *Bythotrephes* sehr einfach, in ähnlicher Weise wie diejenigen bei *Leptodora* gebaut sind, bei der zweiten Gattung dieser Familie *Polyphemus* hingegen eine niedrigere Stufe der Umbildung aufweisen. Der Bau der Rumpffüße bei der Art *Polyphemus pediculus* (L.) gestattet die Durchführung einer Homologie mit dem eben beschriebenen Blattfüße der *Sidinae* und *Holopedidae*. Der Außenast am

¹⁾ Auch hier scheinen die nordischen Formen eine etwas reichlichere Bewehrung als die mitteleuropäischen aufzuweisen.

ersten Paar (Taf. 1, Fig. 9) ist verhältnismäßig schwach, aus einem einzigen Segment bestehend, mit fünf Borsten, einer seitlichen und vier endständigen ausgestattet. Dieser Ast erinnert daher stark an denjenigen am vierten Paar bei *Holopedium* und unterscheidet sich vom fünften Paar derselben Gattung nur durch die um eins größere Zahl der Borsten am Ende des Astes. (Taf. 1, Fig. 6—8). Der Innenast ist viel stärker als der Außenast entwickelt, besteht aus drei deutlichen Gliedern und ist mit 20—25 nach hinten gerichteten Borsten ausgerüstet. Die Bewehrung ist hier daher ungefähr dieselbe, wie am fünften Paar bei *Holopedium*. Der rudimentäre Maxillarfortsatz erinnert dagegen an denjenigen des sechsten Paares bei *Holopedium*. Die Reduktion dieses Fußteiles bei *Polyphemus* dürfte dadurch zu erklären sein, daß er als Organ zum Greifen der Nahrung überflüssig geworden ist, nachdem der ganze in ein Greiforgan umgebildete Fuß diese Funktion übernommen hat. Das zweite Paar ist kürzer, ähnlich gebaut, nur trägt der Innenast weniger zahlreiche (15—17) Borsten. Das dritte Paar ist noch kürzer, dem zweiten Paar gleich gebaut. Das vierte Paar ist rudimentär. Das 5. und 6. Paar fehlen gänzlich. Es ist zu bemerken, daß die Reduktion des Maxillarfortsatzes an allen Fußpaaren der *Polyphemidae* von einer auffallend schwachen Entwicklung der Maxillen begleitet wird, da diese nur 6—7 feine Härchen an ihrem Rande tragen.

Die folgende Cladocerenfamilie *Daphnidae* wurde auf Grund der von mir (1915) hervorgehobenen Unterschiede im Körperbau der einzelnen Gattungen in zwei Subfamilien *Moininae* und *Daphninae* eingeteilt. Die in den beiden Subfamilien verschiedene Entwicklungsstufe der Rumpffüße bestätigt die vorgeschlagene Einteilung vollständig.

Die Subfamilie *Moininae* ist durch ein einziges Genus *Moina* vertreten. Bei der Art *Moina rectirostris* Leydig sind die beiden vordersten Füße zu Greiforganen umgewandelt und dabei sehr einfach gebaut. Das erste Paar (Taf. 1, Fig. 12) erinnert durch seine Form an die langgestreckten gegliederten Füße des *Polyphemus*. Der Außenast (*e*) wird wie dort von einem einzigen Segment gebildet, seine Bewehrung ist aber noch schwächer und besteht nur aus drei endständigen Borsten. Der Innenast (*i*) ist zweigliedrig, mit vier Borsten versehen. Der undeutlich vom Stiele abgetrennte

Maxillarfortsatz (*m*) trägt drei lange Borsten. Die Bewehrung des ersten Paares bei *Moina* entspricht somit ungefähr derjenigen des am stärksten reduzierten sechsten Paares bei *Holopedium*. Das erste Paar zeichnet sich aber bei *Moina* außerdem durch eine stärkere Entwicklung des Stieles aus, es tritt nämlich an demselben ein charakteristisches Gebilde: zwei nahe beieinander stehende, nach vorne gerichtete und an ihrem Ende gekrümmte Borsten auf. Das verhältnismäßig besser ausgebildete zweite Paar trägt am Außenast zwei, am Innenast fünf Borsten. Der große Maxillarfortsatz bildet eine etwa halbmondförmige Scheibe mit 20 eigenartigen, fächerförmig nach hinten gerichteten Borsten.

Das dritte Paar ist das erste blattförmige Fußpaar bei den Moininen. Im Vergleich mit dem typischen Fuße der Sidinen weist diese Extremität bei *Moina rectirostris* folgende Merkmale auf. (Taf. 1, Fig. 10). Der stark verkümmerte Innenast (*i*) wird so eng mit dem Maxillarfortsatz (*m*) verbunden und dabei von demselben bedeckt, daß eine Unterscheidung der zugehörigen Borsten eine sehr aufmerksame Beobachtung erfordert. Ich konnte hier stets vier Borsten, die am ausgebreiteten Fuße deutlich sichtbar sind, nachweisen, entgegen W. Lilljeborg (1900), welcher für diesen Ast nur eine Borste anführt, in seiner Abbildung aber (Taf. 30, Fig. 4) die betreffenden Bauverhältnisse ganz unklar darstellt. Der Außenast (*e*) behält bei *Moina* eine bessere Ausbildung bei; er ist kurz, viereckig, etwa wie am 5. u. 6. Paar der Sidinen. Die Borstenzahl beträgt 6; davon stehen zwei an der Seite, sehr nahe aneinander und vier am distalen Rande. Einen viel höheren Grad der Entwicklung repräsentiert hier der Maxillarfortsatz, der mit mehr als 40 langen Borsten ausgestattet ist und, wie es scheint, die Funktion des reduzierten Innenastes übernimmt. Das ähnlich gebaute vierte Paar unterscheidet sich durch seine geringere Größe und aus weniger zahlreichen Borsten bestehende Bewehrung. Das fünfte Paar ist in allen seinen Teilen sehr vereinfacht. Der sackähnliche Kiemenanhang befindet sich an allen fünf Paaren und ist mäßig entwickelt, rundlich, oval bis nierenförmig.

In der Subfamilie *Daphniinae* besitzen die Rumpffüße aller vier hierher gehörigen Gattungen: *Ceriodaphnia*, *Simocephalus*, *Daphnia* und *Scapholeberis* im großen und ganzen obigen Bautypus, und zwar schließen sich die zwei ersteren Gattungen, was die Gestalt

des ersten Paares anbelangt, an die Moininen näher an als die zwei letzteren. Außerdem bemerkt man einige Schwankungen in der Ausbildung der Füße, die durch die Lebensweise der betreffenden Arten bedingt wird, wobei die limnetischen Formen sich meistens durch einen leichteren Bau ihrer Extremitäten auszeichnen; hingegen kommt bei den Vertretern der litoralen Fauna eine in der Regel stärkere Bewimperung des Vorderrandes der beiden vordersten Füße zum Vorschein.

Indem wir die morphologischen Einzelheiten bei den zahlreichen Arten und Varietäten der Daphniden übergehen, wollen wir etwas eingehender die Organisation der Füße in der Gattung *Daphnia* besprechen, da diese in mancher Hinsicht den höchsten Evolutionsgrad unter den Cladoceren repräsentiert¹⁾.

Das erste Fußpaar der *Daphnia variabilis* Lngs. (Taf. 1, Fig. 13) hat einen ziemlich langen, undeutlich gegliederten Stiel (*s*) mit einem nach außen gerichteten nierenförmigen Kiemenanhang (*p*) und mit zwei gekrümmten, am Ende einseitig kurz gefiederten, nach vorne gerichteten Borsten, die den gleichen zwei Borsten am Stiele der *Moininae* homolog sind. Der Außenast (*e*) ist sehr klein, nur mit zwei Borsten am Ende, von denen eine verkümmert ist. Auch der eingliedrige Innenast (*i*) ist sehr schwach entwickelt und mit zwei Borsten versehen. Der Maxillarfortsatz (*m*) ist groß, besteht aus drei Gliedern und trägt 9—10 Borsten. Anders liegt die Sache mit dem zweiten Paar, wo die beiden Äste fast identische Ausbildung wie bei den Moininen aufweisen, der Maxillarfortsatz aber mit einer durchschnittlich geringeren Zahl von 14—20 Borsten ausgerüstet ist. Bei anderen Arten dieser Gattung weist die Bewehrung des Maxillarfortsatzes einige Schwankungen auf. Für die Art *Daphnia pulex* (De Geer) führt W. Lilljeborg (1900) nur 14 Borsten an. Bei der limnetisch in der Hohen Tatra lebenden *Daphnia wierzejskii* Lityński beträgt die Borstenzahl 16—20.

An dem blattförmigen dritten Paar (Taf. 1, Fig. 11) haben die beiden Äste fast denselben Bau und gleich starke Bewehrung wie bei den Moininen. Der Maxillarfortsatz ist hier hingegen viel stärker entwickelt und mit 60 und mehr langen, typischen Borsten versehen. Am Stiele befindet sich ein ovaler Kiemenanhang und hinter demselben (proximal) ein dünner, lamellenartiger, etwa drei-

¹⁾ Vgl. A. Lityński a. a. O., S. 254.

eckiger, am freien Rande fein behaarter Zipfel. Dieses Gebilde, das den *Moininae* sowie allen anderen bisher besprochenen Cladoceren fehlt, ist vermutlich dem sogenannten Subbranchit¹⁾ der Euphyllopoden homolog.

Das vierte Paar ist dem dritten sehr ähnlich gebaut, nur wird seine Bewehrung schwächer: der Innenast ist mit 2, der Maxillarfortsatz mit zirka 50 Borsten versehen.

Das fünfte Paar ist ungefähr in gleichem Grade wie bei den Moininen reduziert.

Aus dem obigen folgt nun, daß das erste Paar bei *Moina* mehr als dasselbe Paar bei *Daphnia* an die Greiffüße des *Polyphemus* erinnert (stärkere Ausbildung des Außenastes, stärkere Reduktion des Maxillarfortsatzes). Das zweite Paar bewahrt dagegen bei der ersteren Gattung einige Einzelheiten des Blattfußes des *Holopedium*-Typus in höherem Grade als dasselbe Paar bei der Gattung *Daphnia* (der Maxillarfortsatz!). Auch in bezug auf die blattförmigen Paare 3 und 4 steht *Moina* den Procladoceren näher als die *Daphnia*, bei welcher der Hauptcharakter des Fußes in dem großen Maxillarfortsatz besteht, der in dieser Gattung die stärkste Entwicklung nicht nur unter den Daphniden, sondern überhaupt unter den Cladoceren zeigt. Wir bemerken zuletzt, daß der Innenast in der Familie *Daphniidae* seine beste Ausbildung an dem prehensilen zweiten Paar findet, an dem blattförmigen 3. und 4. Paar hingegen stark reduziert erscheint; bei der Gattung *Daphnia* sind daran höchstens vier Borsten vorhanden, bei den übrigen Gattungen kann dieser Ast sogar gänzlich schwinden, wie z. B. am vierten Paar bei *Scapholeberis*.

Wenn man alle bisher besprochenen Verhältnisse kurz zusammenfaßt, so kommt man zu dem Schlusse, daß die bei den vier ersten Cladocerenfamilien vorkommenden mannigfaltigen Formen der Rumpffüße eine ziemlich regelmäßige Reihe in gleicher Richtung verlaufender Umgestaltungen aufweisen. Die Hauptlinien dieser Entwicklung bestehen im folgenden.

Die größte Anzahl der Rumpffüße (sechs) und gleichzeitig die höchste Gleichförmigkeit derselben findet man bei den Procladoceren. Man bemerkt aber schon auf dieser niedrigen Stufe der Organisation bei den Sidinen einige Unterschiede zwischen den

¹⁾ „Der Stammlappen der Rückenseite“ nach C. Claus (1876).

vorderen und den hinteren Fußpaaren. Das fünfte Paar zeichnet sich in dreifacher Richtung aus: 1) der Außenast ist mit einer geringeren Zahl von Borsten bewehrt, obgleich seine Größe meistens unverändert bleibt oder sogar verhältnismäßig beträchtlicher wird; 2) der Innenast ist kleiner und erscheint gleichzeitig schwächer bewehrt; 3) der Maxillarfortsatz ist dagegen größer und in der Regel mit einer bedeutenderen Borstenzahl versehen. Die angeführten Unterschiede umfassen die Hauptveränderungen, welche in den folgenden Familien weiter vor sich gehen. In der Familie *Holopedidae* weist das erste Fußpaar ungefähr die gleiche Ausbildung wie das fünfte Paar bei den Sidinen auf. Dagegen ist das fünfte Paar bei den Holopediden noch stärker in derselben Richtung umgestaltet, und die Paare 2—4 bewahren auch die ursprüngliche Gleichförmigkeit nicht, sondern stellen verschiedene Übergangsstadien zwischen dem ersten und dem fünften Paar dar. Das sechste Paar ist bei den Holopediden in einem viel höheren Grade als bei den Sidinen reduziert.

In der Familie *Polyphemidae* sind alle vier vorhandenen Fußpaare zu Greiforganen umgestaltet, deren Eigenartigkeit vor allem in der Reduktion des Maxillarfortsatzes besteht. In der Gattung *Bythotrephes* ist der Fußbau sehr vereinfacht und steht etwa auf derselben Entwicklungsstufe wie in der Subfamilie *Leptodorinae*. Bei der Gattung *Polyphemus* erinnern die Ausbildung und Bewehrung des ersten Paares an diejenigen des fünften Paares von *Holopedium*. Der Hauptunterschied besteht in dem Maxillarfortsatz, der ähnlich wie am sechsten Paar bei *Holopedium* reduziert ist. Bei den Daphniden sind die beiden vordersten Greiffüße noch stärker umgestaltet, ausgenommen der Maxillarfortsatz, der hier besser als bei *Polyphemus* erhalten ist. Blattförmiger Bau bleibt bei den Daphniden im dritten und vierten Paar erhalten, wo der Maxillarfortsatz den höchsten Grad der Entwicklung aufweist, der Innenast hingegen rudimentär wird. Diese Umbildungen werden gleichzeitig von einer Reduktion der Maxillen begleitet, deren Bewehrung bei den Moininen aus vier, bei den Daphniden nur aus drei größeren Borsten besteht.

Die obigen Verhältnisse sind in der nachstehenden Tabelle I zusammengestellt.

In der folgenden Familie *Bosminidae* beobachtet man einen merklichen Rückschlag zu den ursprünglicheren Verhältnissen.

TABELLE I.

Borstenzahl an den Rumpffüßen der Cladoceren in den Familien: *Sididae*, *Holopedidae*, *Polyphemidae* und *Daphnidae*.

	Paar	Außenast	Innenast	Maxillarfortsatz	Maxille
1. <i>Latona</i>	1	10 ¹⁾	42	15—16	} ?
"	5	9	35	25—30	
2. <i>Diaphanosoma</i> . . .	1	10 ¹⁾	55	8·5	11
3. <i>Sida</i>	"	11	35	15	} 19
"	4	11	35	20	
"	5	9	29	20	
4. <i>Holopedium</i>	1	10	37	25	} 11
"	5	4	21	23	
5. <i>Polyphemus</i>	1	5	22	2·5	6·5
6. <i>Moina</i>	1	3	4	3	} 4
"	3	6	4	45	
7. <i>Daphnia</i>	1	2	2	10	} 3
"	3	6	4	60	

Zwar sind die hier vorhandenen sechs Fußpaare den Daphnidenfüßen ähnlich, es kommen aber gleichzeitig bedeutende Abweichungen vor. Die prehensilen Füße des ersten und zweiten Paares erinnern insbesondere an die Greiffüße der Gattung *Scapholeberis*, welche sich von den übrigen Daphniden durch verhältnismäßig schwache Ausbildung des Maxillarfortsatzes an allen Füßen und durch eine stärkere Entwicklung des Innenastes am ersten Paar unterscheidet (bei der Art *Scapholeberis mucronata* besteht seine Bewehrung aus 12 Borsten). Das erste Paar der Art *Bosmina longispina* Leydig hat nach Lilljeborg (1900) einen kleinen Außenast mit nur einer längeren und einer zweiten sehr kurzen Borste. Auch der Maxillarfortsatz ist hier verkümmert und nur mit drei Borsten versehen. Zur stärkeren Ausbildung kommt dagegen der Innenast, dessen Bewehrung aus 7 Borsten besteht. Der Stiel ist breit, mit zwei charakteristischen Borsten und mit einigen Reihen feiner Wimpern ausgestattet. Auch am zweiten Paar findet

¹⁾ Die Paare 2 bis 4 tragen am Außenast, ähnlich wie bei *Sida*, 11 Borsten.

man mehrere Borsten (11—12) am Innenaste. Ihre Zahl beträgt am dritten Paar 16, während der Maxillarfortsatz an dem zweiten und dritten Paar nur je 6 Borsten besitzt. Das vierte Paar unterscheidet sich dadurch, daß der Innenast und der Maxillarfortsatz reduziert sind und der Außenast verhältnismäßig gut ausgebildet und mit 7 Borsten ausgestattet ist. Am fünften Paar sind die beiden Äste ziemlich ansehnlich, der Innenast ist aber nur mit Wimpern versehen; der Außenast trägt 5 Borsten und der Maxillarfortsatz ist klein, verkümmert. Das sechste Paar ist rudimentär. Ein fast identischer Bau der Rumpffüße wurde von mir bei *Bosmina coregoni* Baird beobachtet (Taf. 1, Fig. 14), mit dem einzigen Unterschied, daß der Außenast des dritten Paares hier 7 Borsten trägt (dagegen sechs Borsten bei *B. longispina*) und überhaupt etwas kräftiger ist. Der Innenast des dritten Paares erinnert bei *B. coregoni* an denselben Ast der Greiffüße bei *Polyphemus*.

Das wichtigste Kennzeichen der Rumpffüße der Bosminiden im Vergleich mit denjenigen der Daphniden besteht somit in dem verhältnismäßig stark entwickelten Innenaste an den drei vorderen Paaren und in dem an allen Paaren schwach ausgebildeten Maxillarfortsatz. Diese Merkmale haben eine große Bedeutung für die Beurteilung des systematischen Zusammenhangs der Bosminiden mit den nachstehenden Cladocerenfamilien: den Lyncodaphniden und Lynceiden.

Einer bedeutenden Verschiedenheit im Bau der Rumpffüße begegnen wir in der Familie *Lyncodaphnidae*, und zwar können alle hierher gehörigen europäischen Formen in zwei Gruppen geteilt werden. Eine von ihnen wird gebildet von zwei nahe verwandten Gattungen: *Ophryoxus* und *Acantholeberis*; hierher kann auch die Gattung *Iliocryptus* gerechnet werden — alle drei mit sechs Fußpaaren. Zur zweiten Gruppe zähle ich die übrigen Gattungen, wie *Makrothrix*, *Streblocerus*, *Lathonura*, *Drepanothrix*, die in der Regel fünf Paar Füße besitzen.

Die sonderbare Gattung *Ophryoxus*, welche die nordischen Gegenden Europas und Amerikas bewohnt, unterscheidet sich durch einige bemerkenswerte morphologische Merkmale, die sie mit den Daphniden und Bosminiden vereinigen, während andere Bauverhältnisse eine Verwandtschaft dieser Gattung mit den Lynceiden aufweisen. Die Schwimmfüße der Art *Ophryoxus gracilis* G. O. Sars stellen nach Lilljeborg (1900) folgende Organisation dar.

Das erste Paar (Taf. 1. Fig. 15) trägt die zwei bekannten gekrümmten Borsten am Stiele und nähert sich auch sonst im Bau dem analogen Fuß der Bosminiden. Den distalen Fußteil nimmt ein kleiner Außenast ein (*e*), der mit einer längeren und einer kurzen Borste am Ende ausgestattet ist. Der gut ausgebildete Innenast (*i*) zerfällt in zwei deutlich voneinander abgetrennte Lappen: der dem Außenaste näher stehende ist mit drei groben, krallenartig gekrümmten Borsten versehen, der zweite breite, schräg nach hinten gerichtete Lappen trägt dreizehn kürzere, etwa gleich lange, dicht stehende Borsten am Ende. Der konische, schwach entwickelte, mit drei Borsten ausgerüstete Maxillarfortsatz (*m*) erinnert auffallend an denjenigen der Bosminiden (Fig. 14). Der Kiemenanhang ist klein, länglich, gegen die Spitze verjüngt. Das zweite Paar unterscheidet sich, wie in der vorigen Familie, durch einen stärker entwickelten Maxillarfortsatz. Der Innenast ist hingegen kleiner, mit sieben kurzen, gekrümmten Borsten bewehrt. Das dritte Paar weicht von demjenigen der Bosminiden nur darin ab, daß es am Außenast und am Maxillarfortsatz 1—2 Borsten mehr trägt. Das vierte Paar erinnert im Bau an dasselbe Paar der Bosminiden, nur ist seine Bewehrung stärker: am Innenast 8—9, am Maxillarfortsatz 8 Borsten. Das fünfte Paar unterscheidet sich, wie bei den Bosminiden, durch eine starke Reduktion des Innenastes, hat aber einen besser angedeuteten Maxillarfortsatz mit sechs Borsten. Das sechste Paar stellt einen einheitlichen, ungeteilten Lappen dar, der unten (distal) bewimpert, oben mit einem kleinen sackähnlichen Anhang versehen ist, dessen das sechste Paar der Bosminiden entbehrt.

Die Schwimmfüße der Gattung *Acantholeberis* sind mit den oben beschriebenen beinahe identisch gebaut. Bei *A. curvirostris* (O. F. Müller) weicht davon die Bewehrung des ersten Paares bloß durch eine kleine Borste mehr am Maxillarfortsatz ab, sowie durch eine stärkere Behaarung des Stieles, der mit 7—8 Wimperreihen versehen ist. Das zweite Paar hat eine etwas stärkere Bewehrung des Innenastes als bei *Ophryoxus*. Im dritten Paar bleibt derselbe Bautypus erhalten wie bei der genannten Gattung, nur trägt der Innenast um drei Borsten weniger und der Maxillarfortsatz um 2—3 Borsten mehr. Am vierten und fünften Paar hat derselbe Fortsatz je zwei Borsten mehr. Das sechste Paar ist gleich demjenigen des *Ophryoxus* gestaltet.

In der Gattung *Iliocryptus* weichen die Schwimmfüße durch ihre Form nicht unbeträchtlich von denjenigen der vorigen Lyncodaphniden ab. Bei *I. sordidus* (Liévin) ist das erste Paar sehr schwach entwickelt, was insbesondere den Maxillarfortsatz betrifft, der ausschließlich durch einen stachelähnlichen, einseitig lang bewimperten Zipfel vertreten ist. Das zweite Paar erinnert in mancher Hinsicht an dasjenige der Daphniden, der Maxillarfortsatz ist hier aber nur mit 10 feinen Börstchen versehen. Das stark in die Länge ausgezogene dritte Paar weicht im großen und ganzen nicht viel von demjenigen der Gattung *Acantholeberis* ab; die Borsten sind aber an den beiden Ästen länger, der Innenast trägt davon 9 und der Maxillarfortsatz 13. Die drei letzten Paare sind gleichfalls denjenigen der vorigen Gattung sehr ähnlich, wobei die Unterschiede hie und da in 1—2 Borsten bestehen. An allen sechs Paaren ist der Kiemenanhang vorhanden.

Die zweite Gruppe der Lyncodaphniden unterscheidet sich von den oben beschriebenen Formen hauptsächlich durch eine beträchtlichere Reduktion des Außenastes sowie des Maxillarfortsatzes und durch eine stärkere Entwicklung des Innenastes wie auch des sackähnlichen Anhangs, welcher an den beiden hintersten Paaren besonders groß ist.

Bei *Makrothrix hirsuticornis* Norman und Brady ist das charakteristische Borstenpaar am Stiele des ersten Fußes klein. Von den beiden Borsten des Außenastes, die bei den Daphniden, Bosminiden und Lyncodaphniden der ersten Gruppe überall auftreten, ist hier nur eine übriggeblieben. Der Innenast besteht aus zwei Abteilungen, von denen die dem Außenaste näher stehende mit drei krallenartig gekrümmten Borsten bewehrt ist; die nach hinten gerichtete Abteilung trägt 8—9 kurze, ähnlich wie bei *Ophryoxus* gebaute Borsten. Der Maxillarfortsatz fehlt gänzlich. Auch der Außenast des zweiten Paares ist sehr klein, der Innenast erscheint aber etwas besser entwickelt, mit 6—7 kurzen, teilweise verkümmerten Borsten und Dornen versehen. Der Maxillarfortsatz trägt nur vier Borsten. Das dritte Paar nähert sich im Bau dem dritten Paar der Gattungen *Ophryoxus* und *Acantholeberis*, es unterscheidet sich aber anderseits von denselben durch eine schwächere Ausbildung der beiden Äste und durch eine Reduktion des Maxillarfortsatzes, der lediglich mit einem kleinen Stachel nebst einigen feineren Härchen ausgestattet ist. Das vierte und fünfte Paar sind

überhaupt stark verkümmert, ausgenommen den Kiemenanhang, der ein großes, nach oben gerichtetes, gekrümmtes Horn bildet.

Die Schwimmfüße der Gattung *Streblocerus* erinnern in vielfacher Hinsicht an diejenigen bei *Makrothrix*. Am ersten Paar ist am Stiele nur eine einzige Borste vorhanden. Auch der Außenast trägt nur eine Borste. Der aus zwei Abteilungen bestehende Innenast ist mit 3+10 Borsten bewehrt. Der Maxillarfortsatz fehlt vollständig. Das zweite Paar nähert sich im Bau demjenigen der vorigen Gattung. Am dritten Paar sind die beiden Äste wie bei der Gattung *Makrothrix* bewehrt, nur schwächer entwickelt, dagegen ist der Maxillarfortsatz größer, mit vier typischen Borsten und außerdem mit drei stachelähnlichen Zipfeln ausgerüstet. Das gut ausgebildete vierte Paar trägt außer einem mit fünf Borsten versehenen Außenast und einem Maxillarfortsatz mit sechs Borsten einen schwächer entwickelten sackähnlichen Anhang, dieser ist aber am verkümmerten fünften Paar wieder größer und von unregelmäßigem vierlappigem Umriß.

Bei der Gattung *Lathourea* entbehrt das erste Paar der zwei Stielborsten und hat einen kleinen, mit einer Borste versehenen Außenast. Der Innenast ist besser erhalten, aus den zwei gewöhnlichen Abteilungen bestehend und mit 12—16 etwa gleich langen Borsten bewehrt. Außerdem entspringt am Vorderrande des Stieles eine längere, nach unten gerichtete Fiederborste, deren Charakter mir unklar geblieben ist. Eine andere, oberhalb des Innenastes befindliche, nach hinten gerichtete Borste kann, nach Lilljeborg, als ein Überrest des Maxillarfortsatzes aufgefaßt werden. Das zweite Paar zeichnet sich durch eine verhältnismäßig stärkere Bewehrung aus. Das dritte Paar unterscheidet sich von demjenigen der vorigen Gattungen durch eine noch schwächere Ausbildung der beiden Äste, besonders des äußeren, welcher nur mit drei Borsten versehen ist. Der Maxillarfortsatz ist gleichfalls schwach ausgebildet, mit sechs feineren Härchen und zwei kurzen Zipfeln ausgestattet. Das rudimentäre vierte Paar hat 1—2 Härchen an dem kleinen Außenast und fünf kurze Stacheln am Innenast; der Maxillarfortsatz fehlt. Der sackähnliche Anhang ist hingegen an diesem sowie an dem letzten, noch mehr reduzierten fünften Paar auffallend groß.

Sehr ähnliche Bauverhältnisse findet man bei der Gattung *Drepanothrix*. Die Schwimmfüße der Art *D. dentata* (Eurén) erin-

nern bald an die eine, bald an eine andere von den oben erwähnten Gattungen der Lyncodaphniden. Das erste Paar vereinigt die Beschaffenheiten der entsprechenden Füße von *Lathonura* und *Streblocerus*, dabei unterscheidet es sich von den beiden durch einen größeren, gekrümmten Kiemenanhang. Das zweite Paar ist mit demjenigen der Gattung *Streblocerus* fast identisch. Das dritte Paar erinnert sehr stark an dasjenige bei *Makrothrix*. Die schwach entwickelten Paare 4 und 5 sind wegen eines mächtigen Kiemenanhangs bemerkenswert. Man beobachtet daher überhaupt in dieser Familie eine deutliche Tendenz zur Vergrößerung der Oberfläche der Atmungsorgane, was vermutlich mit den wenig günstigen respiratorischen Bedingungen in sumpfigen Bodenregionen, in denen sämtliche Lyncodaphniden vorwiegend wohnen, im Zusammenhang steht.

In der letzten Cladocerenfamilie *Lynceidae* begegnet man zwei verschiedenen Stufen der Entwicklung der Extremitäten. Die Rumpffüße der Art *Eurycercus lamellatus* (O. F. Müller), des einzigen mitteleuropäischen Vertreters der Subfamilie *Eurycercinae*, weichen von den für die zweite Gruppe der Lyncodaphniden dargestellten Bauverhältnissen erheblich ab. Sie zeigen hingegen deutlich eine Verwandtschaft mit den Schwimmfüßen der Gattungen *Ophryoxus* und *Acantholeberis*. In bezug auf den Bau der Füße nimmt *Eurycercus lamellatus* einigermaßen eine Mittelstellung zwischen diesen Gattungen ein. Das erste Fußpaar erinnert durch seine Form, den Bau seiner drei Hauptteile sowie seines langen, am Ende verjüngten Kiemenanhangs sehr nahe an das erste Paar des *Ophryoxus*; auch die Bewehrung ist ungefähr die gleiche. Andererseits entspricht die reihenartige Behaarung des Stieles sowie der Bau der zwei nach innen und unten gerichteten Stielborsten vielmehr dem ersten Paar der Gattung *Acantholeberis* (Taf. 1. Fig. 16). Die Bewehrung des zweiten Paares ist derjenigen bei *Acantholeberis* ähnlich, hinsichtlich der Gestalt steht es dagegen dem zweiten Paar von *Ophryoxus* viel näher. Das dritte Paar erinnert an dasjenige des letztgenannten Genus, wenn es auch davon durch einen etwa viereckigen, mit acht Borsten versehenen Außenast sowie durch einen kräftigen Maxillarfortsatz mit elf Borsten abweicht. Das vierte Paar nähert sich demjenigen von *Acantholeberis*. Das fünfte Paar ist gleichfalls ähnlich wie bei dieser Gattung, vor allem infolge einer stärkeren Ausbildung des Maxillarfortsatzes und der Bewehrung des Außen-

astes mit sieben Borsten. Der Innenast unterscheidet sich dagegen nicht unbeträchtlich von demjenigen der Lyncodaphniden, wo er stets rudimentär ist, durch seine bedeutendere Größe und Bewehrung mit drei Borsten, was geradezu eine Eigentümlichkeit des fünften Paares der Lynceiden darstellt.

Die übrigen Vertreter dieser Familie, die Chydorinen, unterscheiden sich von den Eurycercinen wesentlich durch schwächere Ausbildung der beiden Äste aller Rumpffüße (besonders des äußeren) und auch des Maxillarfortsatzes am ersten und fünften Paar. Die Bewehrung des Außenastes am ersten Paar besteht von da an ausschließlich aus einer einzigen Borste, was mit der Bewehrung des gleichen Astes bei den Lyncodaphniden der *Macrothrix*-Gruppe übereinstimmt. Einen Unterschied weist hier aber der Bau des Maxillarfortsatzes auf, der sich in einer ganzen Reihe von Gattungen, wie *Camptocercus*, *Acroperus*, *Alonopsis*, *Lyncus*, *Leydigia*, *Peracantha*, *Chydorus*, in Form von 2–5 Borsten erhalten hat. Der Innenast des ersten Paares zerfällt in der Regel in zwei deutliche Abteilungen und ist durchschnittlich mit 12–15 Borsten bewehrt, von denen drei meistens dem dem Außenast näher liegenden Lappen angehören. Der Stiel ist mit zwei gekrümmten Borsten versehen, die gewöhnlich von innen nach hinten und unten, wie bei den Gattungen *Acantholeberis* und *Eurycercus* gerichtet sind. Außerdem findet man am Stiele mehrere (etwa 7–8) Reihen von Wimpern, die vermutlich Grenzen der ursprünglichen Segmente andeuten. (Taf. 1, Fig. 16–17).

Die zwei folgenden Paare erinnern an diejenigen der Lyncodaphniden, wobei sich der Außenast des dritten Paares demjenigen der *Macrothrix*-Gruppe am meisten nähert, wenn man von dem Unterschied in der Bewehrung absieht, welche bei den Chydorinen etwas stärker (5–7 Borsten), immerhin aber schwächer als bei den Eurycercinen ist. Auch trägt der Innenast weniger zahlreiche Borsten, durchschnittlich 7–10, selten mehr, und zwar bis 14. Der Maxillarfortsatz ist am dritten Paar am stärksten entwickelt und mit 8–14 Borsten ausgestattet; in der Bewehrung steht er hinter demjenigen der vorigen Subfamilie meistens nur unbeträchtlich nach. Am vierten Paar hat der Außenast die Form einer rundlichen oder viereckigen Scheibe, aus welcher 5–7 größere, strahlenförmig angeordnete Borsten entspringen. Der kleinere Innenast trägt 4–8 mehr oder weniger verkümmerte Borsten. Das

fünfte Paar unterscheidet sich durch schwach ausgebildeten Außenast mit geringerer Zahl (3—5) von Borsten und durch stark reduzierten Innenast, der vorwiegend 1—5, seltener 6 Borsten oder Zipfel trägt. Der Maxillarfortsatz ist, wenngleich in einer reduzierten Form, größtenteils vorhanden; in manchen Fällen wird er ganz rudimentär, wie z. B. in den Gattungen *Camptocercus* und *Acroperus*. Das sechste Paar — wenn überhaupt vorhanden — bleibt immer rudimentär. Der sackähnliche Anhang tritt, mit Ausnahme des sechsten Paares, stets deutlich auf, ist aber allerdings bedeutend kleiner als das entsprechende Gebilde bei den Lyncodaphniden, was besonders an den hinteren Füßen bemerkbar wird.

Eine Orientierung in den besprochenen Verhältnissen in betreff der Bewehrung erleichtert die nachstehende Tabelle II.

Wenn man die in den Tabellen I und II angegebenen Zahlen in ein Koordinatensystem als Ordinaten und als Abszissen die nach ihrer Verwandtschaft geordneten Cladocerengattungen einträgt, so erhält man eine Reihe von Kurven, welche uns in schematischer Weise die Evolution in der Ausbildung der Füße bei den Cladoceren in bezug auf die Bewehrung veranschaulichen. So erscheint die Kurve, die sich auf Veränderungen der Borstenzahl am Außenast des ersten Paares (Tabelle IV, S. 29) bezieht, als eine charakteristische Linie, die von ihrem Anfangspunkte: 11 (10) in der Subfamilie *Sidinae* bis zu ihrem Endpunkte: 1 in der Subfamilie *Chydorinae* hin sinkt, entsprechend der am Außenast auftretenden Reduktion der Borsten bei der Umgestaltung des Blattfußes der Procladoceren in das Greiforgan der Onychopoden und Anomopoden.

Einen weniger regelmäßigen Verlauf zeigen die Kurven des Innenastes und des Maxillarfortsatzes. (In der Tabelle IV wurde nur die erstere eingetragen). Man sieht hier sozusagen zwei verschiedene Entwicklungsperioden. Der erste Abschnitt der Innenastkurve (innerhalb der vier ersten Familien) weist einen sehr ähnlichen Verlauf wie die Kurve des Außenastes auf, da man den geringsten Grad der Bewehrung bei der Gattung *Daphnia* findet. Hinter dem Minimumpunkte steigt die Kurve wieder für die drei letzten Familien. Um ein ähnliches Evolutionsbild für den Maxillarfortsatz zu gewinnen, müßte man dazu die Bewehrung des blattförmigen 3. oder 4. Paares benutzen, da, wie oben nachgewiesen wurde, die Umgestaltung der beiden vordersten Paare zu Greif-

TABELLE II.

Borstenzahl	1. P.			3. P.			4. P.			5. P.		
	Außen- ast	Innen- ast	Maxillär- fortsatz	Außen- ast	Innen- ast	Maxillär- fortsatz	Außen- ast	Innen- ast	Maxillär- fortsatz	Außen- ast	Innen- ast	Maxillär- fortsatz
1. <i>Bosmina coregoni</i>	2	7	3	7	16	6	7	2	4	5	—	2
2. <i>Ophryoxus gracilis</i>	"	15	"	9	"	7	8	8-9	8	6	1	6
3. <i>Acantholeberis curvirostris</i> .	"	"	4	"	13	9-10	"	7	10	7	"	8
4. <i>Ilicryptus sordidus</i>	"	8	—	8	9	13	"	10	10-11	"	"	5
5. <i>Makrothrix hirsuticornis</i> . .	1	11-12	—	5	12	1	2	6	2	1	—	—
6. <i>Streblocerus serricandatus</i> .	"	12-13	—	"	10-12	4-7	5	5.5	6	"	—	—
7. <i>Lathonura rectirostris</i> . . .	"	12-16	1	3	8	6	1.5	5	—	—	—	—
8. <i>Eurycerus lamellatus</i> . . .	2	15	3-4	8	16	11	8	9	11	7	3	7
9. <i>Camptocercus rectirostris</i> .	1	14	2	6	11	8	5.5	7	"	3.5	4	—
10. <i>Lynceus affinis</i>	"	12-13	"	7	13	13	6	6	6	"	6	3
11. <i>Acroperus bairdi</i>	"	"	"	5	7	11	"	4	5	"	4	—
12. <i>Peracantha truncata</i> . . .	"	"	25	6	10	9.5	7	4.5	7.5	"	2	3
13. <i>Chydorus latus</i>	"	15	"	"	7.5	9	"	8	5.5	"	"	"

organen überall von einer Reduktion des Maxillarfortsatzes begleitet wird. Aus den auf diese Weise eingezeichneten Kurven ersieht man, daß zwischen der Entwicklung des Maxillarfortsatzes und der des Innenastes ein umgekehrtes Verhältnis besteht. Mit anderen Worten: die Bewehrungskurve des Innenastes stellt eine sinkende, die des Maxillarfortsatzes eine steigende Linie dar und deshalb zeigt eine die Summe der Borsten an beiden Organen zusammen darstellende Kurve einen mehr oder weniger horizontalen Verlauf. Diese Korrelation wird durch die Grenzpunkte der beiden ersten Kurven veranschaulicht: die Borstenzahl des Innenastes sinkt vom Maximum: ± 55 (*Diaphanosoma*) bis zum Minimum: 3 (*Daphnia*), und die Borstenzahl des Maxillarfortsatzes vom Maximum ± 60 (*Daphnia*) bis zum Minimum: 8·5 (*Diaphanosoma*); die Summe der Borsten an beiden Organen beträgt daher bei der Gattung *Diaphanosoma* zirka 63·5, bei der Gattung *Daphnia* zirka 63. Wenngleich man sonst bei den übrigen Gattungen nicht immer eine solche mathematische Regelmäßigkeit findet, so sind doch die Abweichungen von dieser Regel¹⁾ nicht groß, da die entsprechende Summe in ihrem Minimum (bei *Limnosida frontosa*) einen Mittelwert von 46·6 Borsten²⁾ erreicht.

Die Korrelation gilt für die Familien einschließlich bis zu den Daphniden; von da an bemerken wir, daß sich die beobachtete Entwicklungstendenz verliert. Bei den drei letzten Familien bewahrt ausschließlich der Außenast dieselbe starke Tendenz zur Reduktion, was besonders an den beiden vorderen Greifpaaren bemerkbar ist. Dagegen erreicht der Innenast schon bei der letzten Gattung der Daphniden *Scapholeberis* eine beträchtlichere Entwicklung (12 Borsten am ersten Paar) und bewahrt sie dauernd in den weiteren Familien, wobei seine Borstenzahl nur sehr unbedeutenden Schwankungen unterliegt: 7—16 Borsten. Ganz dieselben Schwankungsgrenzen findet man für den Ast am dritten Paar; durchschnittlich sind sie noch enger und bewegen sich innerhalb 10—16 Borsten.

Die stärksten Abweichungen weist aber der Maxillarfortsatz

¹⁾ Dies trifft natürlich für die Familie *Polyphemidae* nicht zu, wo überhaupt keine Blattfüße und kein ausgebildeter Maxillarfortsatz vorhanden sind.

²⁾ Bei der Berechnung dieses Mittelwertes wurden die von A. Behning (1913) angeführten Zahlen berücksichtigt.

auf, der in der Familie *Bosminidae* jede Korrelation mit dem Innenast verliert, am ersten Paar stets in einer sehr reduzierten Form auftritt und an dem blattförmigen dritten und vierten Paar in bezug auf seine Bewehrung größtenteils zu derjenigen Stufe zurückkehrt, welche für den ersten Fuß der Sidinen charakteristisch ist. Bei den Lyncodaphniden der *Makrothrix*-Gruppe findet man sogar eine weitere Reduktion dieses Anhangs, der mit wenigen Ausnahmen an allen Fußpaaren rudimentär wird. Es ist zu beachten, daß die Maxillen in den drei letzten Cladocerenfamilien fast dieselbe reduzierte Form behalten, welche sie schon bei den Daphniden erreicht haben, wo ihre Bewehrung aus 2—4 kurzen gekrümmten Borsten besteht.

Die entworfene morphologische Übersicht der Rumpffüße bei den Cladoceren ergänzen wir durch eine kurze Darstellung der Entwicklung der Antennen des zweiten Paares. Diese Organe wären hier mit viel mehr Recht als „Schwimmfüße“ zu bezeichnen, da sie die lokomotorische Funktion übernehmen, nachdem die Rumpffüße ihren ursprünglichen physiologischen Charakter vollständig verändert haben.

Schon in der Familie *Sididae* besitzen die Ruderantennen ihren bei den Cladoceren gewöhnlichen zweiteiligen Bautypus, der auf ihre Herkunft von dem blattförmigen Euphyllopodenfuß deutlich hinweist. Man unterscheidet hier dieselben Bestandteile: den Stiel, einen (oberen) Außen- und einen (unteren) Innenast. Am Stiele, der eine deutliche Spur von Segmentierung trägt, befinden sich in der Regel zwei nahe beieinander stehende, in manchen Fällen in eine einzige verschmolzene Borsten, die wahrscheinlich dem schon bekannten Borstenpaar am Fußstiele des ersten Paares entsprechen. Man kann hier zwar auch den vermutlichen Überrest des Maxillarfortsatzes wahrnehmen, da aber unsichere Homologien besser zu vermeiden sind, so werde ich mich im folgenden auf die drei erwähnten Hauptteile beschränken.

Die Bewehrung der Ruderantennen besteht aus ähnlich wie an den Rumpffüßen gebauten, größtenteils aus zwei deutlichen Gliedern zusammengesetzten Borsten. Der Bau der beiden Äste und ihre Bewehrung bleibt bei jeder einzelnen Art in der Regel beständig. Die stärkste Bewehrung der Ruderantennen tritt in der Familie *Sididae* auf. Die Gesamtzahl der Borsten an den beiden Ästen schwankt hier zwischen 15 und 60.

Den ursprünglichsten Antennenbau findet man bei der Gattung *Leptodora*. Der Außenast besteht hier aus vier Gliedern und trägt einseitig seiner ganzen Länge nach etwa 30 lange Schwimmborsten. Der gleichfalls viergliedrige Innenast besitzt ungefähr die gleiche Bewehrung. Bei der Gattung *Latona* ist der Außenast zweigliedrig, mit etwa 22 Borsten versehen und länger als der dreigliedrige Innenast, der nur mit fünf Borsten ausgestattet ist. Die Gattung *Diaphanosoma* zeichnet sich ebenfalls durch einen längeren, zweigliedrigen Außenast aus, welcher 12 Borsten hat, während der dreigliedrige, kürzere Innenast mit fünf Schwimmborsten bewehrt ist. Auch bei der Gattung *Sida* ist der dreigliedrige Außenast länger und kräftiger gebaut, mit 10 Borsten¹⁾ ausgestattet. Der zweigliedrige Innenast trägt wie bei den oben genannten Gattungen fünf Borsten.

An dem Außenast der Ruderantennen treten also bei den Sidi- den nur ausnahmsweise weniger als 10 Schwimmborsten auf. Es ist gleichzeitig zu betonen, daß auch am Außenast der vier ersten Fußpaare bei diesen Tieren dieselbe Borstenzahl als Minimum gefunden wurde, ferner, daß dieser Ast hier undeutliche Spuren von vier Segmenten aufweist, wie oben bereits bemerkt wurde.

Eine Eigentümlichkeit der Familie *Holopedidae* besteht in der starken Reduktion der Ruderantennen. Von dem distalen Teil derselben bleibt beim Weibchen bloß der zweigliedrige Außenast erhalten; er ist mit drei endständigen Borsten und einem Stachel versehen, der ohne Zweifel den Überrest von einer vierten Borste darstellt. Bei dem Männchen tritt aber überdies ein zweigliedriger Innenast, wenngleich in einer reduzierten Form und nur mit zwei ungleichen Endborsten versehen auf.

Man sieht aus dem Gesagten klar, daß der Außenast auch hier einen mehr konservativen Charakter besitzt, da er fast ausnahmslos eine beträchtlichere Länge und eine aus zahlreicheren Schwimmborsten bestehende Bewaffnung gegenüber dem stärker reduzierten Innenast beibehält. Da sich an dem letzteren Aste schon bei den Procladoceren (abgesehen von dem einzigen Genus *Leptodora*) bloß ein spärlicher Überrest der ursprünglichen dichten Beborstung erhalten hat, so war es überhaupt nicht zu erwarten, daß man im

¹⁾ Bei einer Varietät ist darunter eine Borste kürzer, zu einem stachelähnlichen Gebilde verkümmert.

Laufe der weiteren Entwicklung eine merkbare Vereinfachung im Bau des Innenastes finden werde, da eine jede weitere Reduktion dieses Astes ein gänzliches Schwinden des damit überflüssig gewordenen Teiles des Schwimmorgans zur Folge haben müßte, wie wir es bei den Holopediden tatsächlich beobachten. Hingegen unterliegt der besser ausgebildete Außenast der Procladoceren in den nachfolgenden Familien einer entsprechenden Umbildung, und wir sehen hier eine stufenweise vor sich gehende Reduktion der Schwimmborsten.

In der Familie *Polyphemidae* tritt bei den beiden hinsichtlich ihrer Rumpffüße so verschieden gebauten Gattungen eine auffallende Einförmigkeit in der Organisation der Ruderantennen auf. Bei der Gattung *Bythotrephes* ist der Außenast viergliedrig und trägt acht Borsten; der dreigliedrige Innenast ist mit sieben Schwimmborsten ausgestattet. Bei *Polyphemus* findet man ganz denselben Bau der Äste, nur ist ihre Bewehrung etwas schwächer: sieben am Außen- und 6–7 Borsten am Innenast. In der Familie *Daphnidae* steht die Gliederung beider Äste auf derselben Stufe wie bei den Polyphemiden, die Bewehrung wird aber schwächer, und zwar trägt der Außenast vier, der Innenast 4–5 Borsten. Bei den Lynceodaphniden sind die Ruderantennen sehr ähnlich gestaltet, die Schwimmborsten sind lang und kräftig, ihre Zahl bleibt am Innenast unverändert, am Außenast zeigt sie bei einzelnen Gattungen unbedeutende Schwankungen zwischen 3 und 5. In der Familie *Lynceidae* werden beide Äste dreigliedrig, die Bewehrung des Außenastes besteht aus 3–4, die des Innenastes aber aus 4–5 Borsten.

TABELLE III.

Zahl der Schwimmborsten an den Ruderantennen.

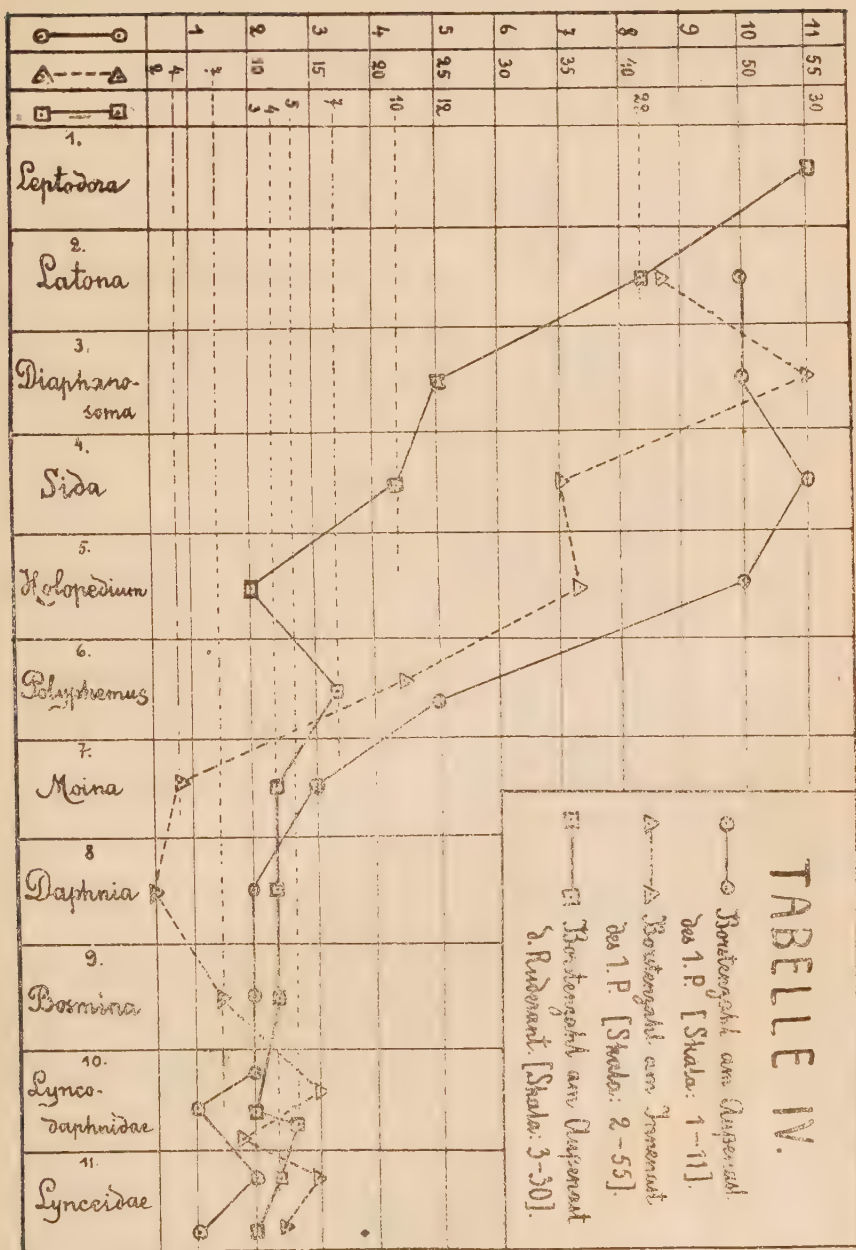
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Leptodora	Latona	Diaphanosoma	Sida	Holopedium	Bythotrephes	Polyphemus	Daphnidae	Bosminidae	Lynceodaphnidae	Lynceidae
Außenast	±30	±22	12	10	3	8	7	4	4	3–5	3–4
Innenast	±30	5	5	5	0	7	6–7	4–5	5	4–5	4–5
Summe	60	27	17	15	3	15	13–14	8–9	9	8–10	7–8

Vergleicht man jetzt die oben besprochenen Tatsachen mit der vorher geschilderten Entwicklung der Rumpffüße, so bemerkt man in beiden Fällen die ähnliche allgemeine Tendenz zu beträchtlicherer Reduktion des Innenastes bei größerer Resistenz des Außenastes. Die Umbildungen gehen dort wie hier meistens parallel vor sich: auf ungefähr gleicher Entwicklungsstufe (innerhalb der Familie *Daphnidae*) erlischt diese Tendenz und von nun an erhält der Außenast eine größere Veränderungsfähigkeit.

Der Bau der Extremitäten bei den drei letzten Familien zeigt einerseits einen deutlichen Zusammenhang zwischen diesen Familien und den Daphniden, anderseits finden wir hier, im Vergleich mit den Daphniden, manche ursprünglichere Merkmale. Neben der stärkeren Ausbildung und Bewehrung des Innenastes spricht dafür auch die beträchtlichere Entwicklung des Fußstieles, der bei den Lyncodaphniden und Lynceiden von bedeutender Größe ist und deutliche Spuren der Segmentierung aufweist. Die drei letzten Cladocerenfamilien zeigen übrigens nur unbedeutende Schwankungen im Bau ihrer Extremitäten. Die Veränderungen betreffen jetzt vorwiegend andere Körperteile, und deshalb verlieren hier die Extremitäten größtenteils ihre bisherige systematische Bedeutung.

Die wichtigsten Ergebnisse der vorliegenden Arbeit lassen sich folgendermaßen kurz zusammenfassen.

Die beschriebenen morphologischen Verhältnisse hinsichtlich des Baues der Extremitäten stimmen mit der Entwicklung anderer Körperteile in den einzelnen Cladocerengruppen im wesentlichsten ganz gut überein. Sie bestätigen, daß die Leptodorinen und Polyphemiden, die bisher als eine besondere Abteilung: *Gymnomera* betrachtet wurden, tatsächlich keine natürliche systematische Einheit darstellen. Die Gattung *Leptodora* behält neben den stark umgebildeten Rumpffüßen den in der ganzen Unterordnung ursprünglichsten Bau der Ruderantennen, was, bei Berücksichtigung anderer Beschaffenheiten ihres Körpers, für einen engen Anschluß dieser Gattung an die Familie *Silidae* spricht. Hingegen soll die Familie *Polyphemidae* eine weitere Stelle im System, unmittelbar vor den Daphniden einnehmen, mit denen sie im Bau ihrer Ruderantennen übereinstimmt, nur sind diese Organe bei den Polyphemiden in geringerem Grad reduziert. Die Daphniden sollen in zwei Subfamilien: *Moininae* und *Daphninae* geteilt werden.



Die in Tabelle IV eingezeichneten Kurven veranschaulichen die besprochenen morphologisch-systematischen Beziehungen, betreffend die Bewehrung der drei Hauptteile: des Außenastes der Ruderantennen und der beiden Äste des ersten Fußpaares.

Erklärung der Tafel.

Fig. 1, 2 u. 4. *Sida crystallina*.

1. Der rechte Fuß des ersten Paares, von innen (ausgebreitet). $\times 120$. Nach W. Lilljeborg.

2. Der linke Fuß des vierten Paares, von außen (ausgebreitet). $\times 104$.

4. Der Fuß des sechsten Paares. $\times 120$. Nach W. Lilljeborg.

Fig. 3. *Latona setifera*. Der rechte Fuß des fünften Paares, von innen (ausgebreitet). $\times 120$. Nach W. Lilljeborg.

Fig. 5--8. *Holopedium gibberum*.

5. Der linke Fuß des ersten Paares, von außen. $\times 104$.

5a. Der Kiemenanhang des zweiten Paares. $\times 104$.

6. Der linke Fuß des vierten Paares von außen. $\times 104$.

7. Der linke Fuß des fünften Paares von außen. $\times 104$.

8. Der linke Fuß des sechsten Paares von außen. $\times 104$.

Fig. 9. *Polyphemus pediculus*. Der linke Fuß des ersten Paares, von außen. $\times 104$.

Fig. 10 u. 12. *Moina rectirostris*.

10. Der linke Fuß des dritten Paares, von außen (ausgebreitet). $\times 140$.

12. Der linke Fuß des ersten Paares, von außen. $\times 225$.

Fig. 11 und 13. *Daphnia variabilis*.

11. Der linke Fuß des dritten Paares, von außen (ausgebreitet). $\times 104$.

13. Der linke Fuß des ersten Paares, von innen. $\times 104$.

Fig. 14. *Bosmina coregoni*. Der linke Fuß des ersten Paares, von außen. $\times 225$.

Fig. 15. *Ophryoxus gracilis*. Der linke Fuß des ersten Paares, von außen. $\times 120$. Nach W. Lilljeborg.

Fig. 16. *Eurycercus lamellatus*. Der linke Fuß des ersten Paares, von außen. $\times 104$.

Fig. 17. *Peracantha truncata*. Der linke Fuß des ersten Paares, von außen. $\times 225$.

s Stiel, *e* Außenast, *i* Innenast, *m* Maxillarfortsatz, *p* Kiemenanhang, *sb* „Subbranchit“.





O pewnej reakcyi chemicznej żywych komórek śródskórni. — Über eine chemische Reaktion der lebenden Endodermiszellen.

Mémoire

de M. **A. WODZICZKO**,

présenté, dans la séance du 14 Février 1916, par M. M. Raciborski m. t.

(Planche 2).

Seit den klassischen Arbeiten Schönbein's sind die Oxydasen im Pflanzenreich ein Thema zahlreicher Untersuchungen gewesen, doch ist ihre Wirkungsweise im Organismus bis jetzt bei weitem noch nicht genügend geklärt. Nach den jetzigen Auffassungen schreibt man ihnen bei den Oxydationsvorgängen in der Pflanze, insbesondere bei den Atmungsvorgängen, eine wichtige Rolle zu¹⁾.

Bach und Chodat halten die Oxydasen für keine einheitlichen Körper, sondern betrachten sie als zusammengesetzt aus:

1. Peroxydasen, d. h. oxydierenden Fermenten, die nur in Gegenwart von Peroxyden (z. B. H_2O_2) wirken und das schwache Oxydationsvermögen derselben beschleunigen, und aus

2. Oxygenasen, d. h. Substanzen, die unter Peroxydbildung leicht oxydiert werden und dann, nachdem sie durch Peroxydasen aktiviert worden sind, den Sauerstoff auf andere Körper übertragen.

In Anbetracht der wichtigen Rolle, die diese sog. „Oxydationsfermente“ im Stoffwechsel der Pflanzen zu spielen scheinen, wäre es von Wichtigkeit, ein Verfahren zu finden, durch welches diese Verbindungen in den Zellen, Geweben und Organen nachgewiesen und ihre Lokalisation daselbst festgestellt werden könnte.

Für mein Thema sind nur die Arbeiten des Herrn Professor

¹⁾ Palladin W. Pflanzenphysiologie. Berlin 1911. S. 205.

Raciborski¹⁾ von Bedeutung, und ich erlaube mir, die diesbezüglichen Daten kurz zusammenzustellen.

Zum Nachweis der Oxydasen wurde seit lange Guajaklösung verwendet, die durch Einwirkung derselben zu Guajakblau oxydiert wird. Professor Raciborski hat bewiesen, daß, wenn wir auch die Oxydasen mit absolutem Alkohol behandeln oder durch mäßiges Erwärmen vernichten, wir dennoch die Guajakreaktion nach Zusatz von H_2O_2 erhalten. Die Reaktion tritt dann vor allem im Innern der Sieb- und Milchröhren und einiger anderen Zellen auf. Die Sieb- und Milchröhren enthalten also eine katalytisch wirkende Substanz, die die Fähigkeit besitzt, den in H_2O_2 leicht gebundenen Sauerstoff auf andere Körper zu übertragen, z. B. auf Guajakonsäure, die dadurch zum Guajakblau oxydiert wird. Da diese Substanz im Innern der Leptomzellen auftritt, wurde sie von Professor Raciborski „Leptomin“ benannt²⁾; er untersuchte ihre Verbreitung und Lokalisation in zahlreichen Pflanzen verschiedener Gruppen.

Außer den Sieb- und Milchröhren begegnen wir dem Leptomin in den Lenticellen, Spaltöffnungen, dem Aerenchym und den Aerenchymen, ferner in den Durchlaßzellen der Endodermis der Luftwurzeln der Orchideen, also vor allem in Zellen und Geweben, die bei der Luftaufnahme im Interesse der Atmung fungieren.

Prof. Raciborski hat ferner nachgewiesen, daß die Resorptionsfläche der Phanerogamenwurzel stets eine Oxydase aufweist, die mit Hilfe des atmosphärischen Sauerstoffs zahlreiche chemische Körper zu oxydieren vermag. Die Oxydase ist ausschließlich an die Wurzelfläche gebunden, so daß man auf Grund derselben entscheiden kann, ob eine gewisse Zelle zu der Wurzel oder schon zum Hypokotyl gehört.

Die Anwesenheit dieser Oxydase läßt sich leicht in Wasserkulturen nachweisen, welche schwache, nicht toxische Lösungen

¹⁾ M. Raciborski. Ein Inhaltskörper des Leptoms. Ber. d. D. Bot. Ges. 1898.

— Weitere Mitteilungen über das Leptomin. Ebenda 1898.

— Einige Demonstrationsversuche mit Leptomin. Flora 1898.

— Über die oxydierende Fähigkeit der Resorptionsfläche der Wurzel der Blütenpflanzen. Bull. Acad. Crac. 1905.

— Über die extrazelluläre Oxydase. Ebenda 1905.

²⁾ Einige Monate später isolierte Linoissier in Paris aus dem Eiter einen ähnlich wirkenden Körper, den er als Peroxydase bezeichnete.

der entsprechenden Chromogene enthalten. Diese Körper werden teils an der Oberfläche der Wurzel oxydiert, teils aber dringen sie mit dem Wasser durch die Plasmahäute in das Innere der Zellen ein und wandern in die Wurzel, bis an die innere Wand der Tracheen und Tracheiden, wo sie erst oxydiert werden. Diese Lokalisation konnte durch anatomische Untersuchungen am Material festgestellt werden, das unter Luftpumpe mit Ammoniumsulfat durchtränkt wurde. Man fand die Oxydase an den Innenwänden junger Tracheen und in älteren, besonders in den Tüpfeln lokalisiert.

Zwecks genauerer Untersuchung der Interzellularoxydase der Parenchymgewebe erfand Prof. Raciborski eine Methode, die es gestattet, diese extrazelluläre Oxydase in reinem, jedenfalls von Bestandteilen des Zellinhalts freien Zustande zu erhalten. Eine Untersuchung der Eigenschaften dieser Substanz zeigte, daß man damit einer stickstofffreien Oxydase zu tun hat, die zahlreiche Benzolverbindungen oxydiert und zu dem Lakkase-Typus, ähnlich wie die Oxydase der resorbierenden Wurzeloberfläche gehört. Genaue Untersuchungen vieler Pflanzenarten mit Hilfe des Benzidinwasserstoffsperoxyds bewiesen, daß diese Oxydase sich immer außerhalb der Zelle, und zwar an der Oberfläche der Zellwände (in den Mittellamellen und Zwickeln) besonders aber an der Oberfläche der Interzellularen und in jungen, wachsenden Stengeln und Wurzelspitzen findet.

Bei der Untersuchung mit Benzidin- H_2O_2 war es natürlich unmöglich zu entscheiden, ob die reagierende Stelle Oxydase oder aber Leptomin (Peroxydase) enthält, wie es überhaupt bis heute noch nicht gelungen ist, in Anwesenheit der Oxydase Leptomin nachzuweisen.

Über die Rolle der extrazellulären Oxydase im Leben der Pflanze sagt Prof. Raciborski nichts, stellt jedoch fest, daß diese Oxydase mit sog. Enzymen nichts zu tun hat, weil sie sich an der Reaktion mitbeteiligt und das Verhältnis zwischen der Menge der Oxydase und der oxydierten Benzidinbase konstant ist.

Als ich die Siebröhren der Hymenophyllaceen mit Hilfe der Leptominreaktion untersuchte, bemerkte ich eine sehr starke Reaktion der Endodermiswände¹⁾; diese will ich nun als eine neue, für die Endodermis charakteristische Reaktion genauer darstellen.

¹⁾ „Beitrag zur Kenntnis von *Trichomanes Asnykii* Rac.“, Bull. Acad. Crac. 1915, S. 206.

Ich verwendete zum Nachweis der Oxydasen die alkoholische Benzidinlösung ($\text{NH}_2\cdot\text{C}_6\text{H}_4\cdot\text{C}_6\text{H}_4\cdot\text{NH}_2$), der ein wenig Wasserstoffsuperoxyd zugesetzt worden war¹⁾. Um ein genaues, quantitatives Verhältnis der Mischung handelt es sich nicht. Man erhält eine brauchbare Lösung, wenn man etwa 0.5 g Benzidin in 20 cm³ absolutem Alkohol löst und zirka 1 cm³ 3%-iges Wasserstoffsuperoxyd zusetzt. Das BW-Reagens hält sich monatelang, doch ist es ratsam, dasselbe in kleineren Mengen öfters frisch anzusetzen.

Für die Lokalisationsuntersuchungen erwies sich dieses Reagens als das zweckmäßigste und bequemste. In Anwesenheit der Oxydase (der sog. „Phenolase“, die zahlreiche Phenolderivate oxydiert — und nur mit solcher werde ich mich weiter beschäftigen —) wird das Benzidin zu einem dunkelblauen, kristallinischen, in Wasser und Glyzerin unlöslichen Farbstoff oxydiert. Dieser blaue (manchmal violette) Farbstoff geht früher oder später in einen bräunlichen über.

Die BW-Reaktion erhält man auch, wenn man nacheinander, zuerst die Benzidinlösung, dann Wasserstoffsuperoxyd dem Präparate zusetzt. Mäßig gute Bilder erhält man auch mit Hilfe des α -Naphthylamins und α -Naphthols, doch ist der Gebrauch von Naphthylamin wegen des widrigen Geruches dieser Verbindung lästig, und das α -Naphthol reagiert schwach und langsam; überhaupt geben diese Reagenzien wie auch die zu diesem Zwecke empfohlene „Indophenolprobe“ bei weitem keine so klaren und befriedigenden Resultate wie BW. Die früher allgemein verwendete Guajaklösung, das p-Phenylendiamin, das Dimethylparaphenyldiamin und andere Phenolderivate eignen sich zu Lokalisationsuntersuchungen nicht.

Man kann die gröbere Lokalisation der Oxydasen auch an frischem Material untersuchen, besonders wenn dieselbe in der Pflanze nicht reichlicher enthalten ist, jedoch für feinere und präzise Untersuchungen oder in zweifelhaften Fällen muß man sorgfältig fixiertes Material verwenden. Man wirft zu diesem Zwecke kleine Stücke der betreffenden Pflanze in eine größere Menge absoluten Alkohol auf eine gewisse Zeit, während deren die Mehrzahl der Oxydasen vernichtet wird und oft nur das an Ort und Stelle fixierte Leptomin und die extrazelluläre Oxydase der Endo-

¹⁾ Ich werde dieses Reagens im folgenden mit „BW“ bezeichnen.

dermiszellen zurückbleiben. Das Material muß in einigen Fällen nur einige Tage, in anderen dagegen mehrere Wochen lang im Alkohol liegen, wenn man ein zu den Lokalisationsuntersuchungen entsprechend gehärtetes Material erhalten will.

In der extrazellularen Oxydase der Endodermiszellen haben wir mit einer gewöhnlichen Oxydase (des Lakkase-Typus) zu tun, die also allein (ohne Zusatz von H_2O_2) die Guajak-, manchmal sogar die Benzidinlösungen blau färbt; man verwendet Benzidinlösung mit H_2O_2 nur, um prägnante Lokalisationsbilder zu erhalten, oder wenn man nur älteres Alkoholmaterial zur Verfügung hat.

Die BW-Reaktion wird am besten auf Deckglas in der Weise erreicht, indem man auf die Schnitte einige Tropfen BW gießt und nachträglich etwas Glyzerin zusetzt. Bei frischem Material muß man das Glyzerin im richtigen Moment, gleich nach dem Sichtbarwerden der Reaktion zusetzen. Hierauf überträgt man das Präparat in reines Glyzerin, in welchem es als Dauerpräparat aufbewahrt werden kann; der blaue Farbstoff geht aber in solchen Präparaten sehr häufig in einen braunen über.

Mit zu altem Alkoholmaterial erhält man oft schon keine BW-Reaktion mehr; dann kann man sie aber in vielen Fällen durch Zusatz von etwas Essigsäure aktivieren. Auf diese Weise ist es möglich, manchmal selbst an einige Jahre altem Alkoholmaterial noch eine gute Reaktion zu erhalten.

Die BW-Reaktion ist auch deshalb vorteilhaft, weil durch dieselbe gleichzeitig die verholzten Membranen eine schöne pomeranzen-gelbe Farbe annehmen, besonders nach Zusatz von Essigsäure. Auf diese Weise erhalten wir mittels dieser Reaktion ungemein instruktive Präparate, in welchen nicht nur die Verschiedenheit des Holz- und Siebteils der Gefäßbündel, sondern auch die Grenze zwischen dem Zentralzylinder und der primären Rinde deutlich hervortritt.

Infolge dieser Vorzüge wäre das BW-Reagens auch Anfängern beim Durchmachen des anatomischen Praktikums dringend zu empfehlen.

Es sei noch hervorgehoben, daß mittels des BW-Reagens nicht nur ganze Zellen, sondern auch Membranstücke der Endodermis als solche erkannt werden können; für die Untersuchungen dieses Gewebes, welches bekanntlich an Längsschnitten manchmal recht schwer zu unterscheiden ist, wird sich BW als ein Reagens von großer Bedeutung erweisen.

Fig. 1 stellt einen Stengelquerschnitt von *Equisetum hiemale* dar. Behandelt man einen solchen Querschnitt¹⁾ auf die oben angegebene Weise mit BW (und hierauf, falls man mit frischem oder ungenügend fixiertem Material zu tun hat, mit Glyzerin), so beschränkt sich die Reaktion vor allem auf die Endodermis, so daß es möglich ist, dieses Gewebe von den übrigen scharf zu unterscheiden.

Schon bei schwacher Vergrößerung sieht man, daß die Reaktion auf die Membranen beschränkt ist; bei näherer Untersuchung erscheint sie in den Mittellamellen und Zwickeln lokalisiert, während der stets oxydasefreie Caspary'sche Streifen helle, ungefärbte Punkte in den Radialwänden der Endodermis bildet. Die Reaktion tritt am stärksten dicht an dem Caspary'schen Streifen hervor, welcher infolgedessen in den Zellen, wo es möglich ist, ihn auf der unteren Zellwand zu beobachten, als ein farbloses Band auf dem blauen Hintergrunde der übrigen Membran zu sehen ist. (Fig. 2). In dem Caspary'schen Streifen selbst ist niemals eine reagierende Mittellamelle zu sehen.

Bei Equiseten finden wir bekanntlich nur das Primärstadium der Endodermis, wie das die gründlichen Untersuchungen der Schüler des Professors A. Meyer in Marburg über die Endodermis bei allen Pflanzengruppen bewiesen haben. Sie zeigen schön die schon von Caspary und Pfitzer beobachtete Erscheinung, daß bei der Plasmolyse die Protoplasten sich zu einem zwischen den Caspary'schen Streifen ausgespannten Bande zusammenziehen. An Längsschnitten fand ich bei *Equisetum hiemale* sowohl in den Radial- wie den Tangentialwänden der Endodermis zahlreiche Tüpfel, welche M. Plaut (der auf Anregung des Professors A. Meyer die Endodermis bei den Equiseten untersuchte) nicht bemerkt hat²⁾. Auch nach Mazeration mit Schultze's Mischung sah ich auf dem Rahmenwerk des Caspary'schen Streifens dünnere Stellen, die nicht mitgefärbt wurden (vielleicht Tüpfel), die ich jedoch nicht genauer untersuchte.

Die BW-Reaktion der Endodermis stellte ich an über hundert

¹⁾ Die Querschnitte sind am besten etwas über dem Knoten zu führen, wo das Messer nicht zuviel Kieselsäure trifft und die Zellwände bereits ziemlich dick sind.

²⁾ Jahrb. f. wiss. Bot. 1910, S. 164: „doch konnten feinere Struktureigenschaften und Tüpfel nicht nachgewiesen werden“).

Pflanzen aus verschiedenen Gruppen fest, weshalb ich sie als eine allgemein verbreitete betrachte; auch halte ich das regelmäßige Vorhandensein der Oxydasen in reichlicher Menge auf der Oberfläche der Endodermiszellen für eines der Hauptmerkmale dieses Gewebes. Ich beobachtete die BW-Reaktion (gewöhnlich an Querschnitten) bei anderen *Equisetum*-Arten (*E. scorpioides*, *E. variegatum*), ferner in Stengeln verschiedener Wasserpflanzen, wo sie sehr schön zum Vorschein kommt (*Hippuris vulgaris*, *Herpestis Monnieria*, *Jussiaea repens*, *Penthorum sedoides*), und oft läßt sie, wenn nämlich die Endodermiszellen nicht sehr ausgestreckt sind, den Caspary'schen Streifen besser als andere Reagenzien hervortreten (*Myriophyllum demersum* u. a., *Heteranthera zosteræfolia*).

Die Reaktion zeigten weiter junge Wurzeln verschiedener keimender Samen (*Pisum*, *Phaseolus*, *Cucurbita*, *Zea Mays*, Getreidearten u. a.), doch beeinträchtigt bei frischem Material die ungemein große Menge der Oxydasen die Deutlichkeit der Bilder; manchmal werden die Oxydasen von dem Messer durch den ganzen Querschnitt mitgeführt, oder es treten postmortale Färbungen des Zellinnern auf, so daß es unbedingt notwendig ist, das Material vorher zu fixieren. Die BW-Reaktion ist nicht auf das Primärstadium der Endodermiszellen beschränkt, sie kommt ebenso im Sekundärstadium vor, also nach der Ausbildung der Suberinlamellen, oft auch im Tertiärstadium nach Erscheinen der mechanischen Verdickungsschichten (z. B. *Iris*-Wurzel, Alkoholmaterial). Ebenso typisch tritt die Endodermisreaktion bei Pflanzen mit astelischer oder polystelischer Struktur auf.

Bei den Farnen ist die Reaktion besonders schön, infolge der geringen Oxydasenmenge außerhalb der Endodermis, was eine Arbeit mit frischem Material gestattet. Ich untersuchte hauptsächlich Blattstiele mehrerer Arten der Gattungen *Pteris*, *Adiantum*, *Polypodium*, *Aspidium*, *Woodsia*, *Scolopendrium*, *Neurogramme*, *Aneimia*, *Lygodium*, *Trichomanes*, *Pilularia* (Rhizom), *Marsilia*. Bei der letztgenannten Pflanze reagiert im Rhizom neben der äußeren auch die innere Endodermis und zugleich auch die Epidermis; in ähnlicher Weise verhalten sich die Wasserpflanzen und auch die Hymenophyllaceen.

Daß die sog. „Durchlaßzellen“ in den Luftwurzeln der Orchideen eine schöne Reaktion zeigen, hat Prof. Raciborski in seinen Untersuchungen über die Lokalisation des Leptomins nachge-

wiesen. Die Reaktion ist auf die im Primärstadium verbleibenden Durchlaßzellen beschränkt, die übrigen Tertiärzellen zeigen dagegen keine Reaktion mehr. Führen wir aber einen Querschnitt durch die Region, wo die mechanischen Verdickungsschichten in den Tertiärzellen noch nicht mächtig entwickelt sind, so reagieren sämtliche Zellen.

Die BW-Reaktion ist also für alle lebenden Endodermiszellen charakteristisch; ganz alte und oft tote Tertiärendodermzellen, die schon nur eine rein mechanische Funktion haben, zeigen die Reaktion nicht mehr.

Die Reaktion tritt normal in den Luftwurzeln einiger *Philodendron*-, *Monstera*- und *Anthurium*-Arten auf, dagegen fand ich keine Endodermisreaktion bei den Lycopodiaceen (*Lycopodium Selago*), Moosen (*Polytrichum formosum*, *Leucobryum glaucum*, *Sphagnum acutifolium*) und in den Nadeln der Koniferen (einige *Pinus*- und *Abies*-Arten). Ich habe aber die noch nicht genügend geklärte Frage des Fehlens der Endodermis bei diesen Pflanzengruppen nicht genauer untersucht.

Interessant ist die Lokalisation der Oxydasen im Assimilationsparenchym der Koniferennadeln, wo sie besonders in der Mittellamelle der ins Innere der Zellen hineinragenden Membranfalten angehäuft sind. Die Membranen der Parenchymscheide, die oft als Endodermis bezeichnet wird, geben keine intensivere Reaktion als die der übrigen Zellen, jedoch sie zeigen die für die Endodermis charakteristische Plasmolyse, bei welcher sich die Protoplasten von den Tangentialwänden zurückziehen und zwischen den Radialwänden ausgespannt bleiben. Diese Radialwände sind am stärksten verholzt und weisen besonders reichliche Tüpfel auf.

Ich möchte ferner kurz auf eine Erscheinung hinweisen, welche ich nicht für allgemein verbreitet halten kann, nämlich auf die BW-Reaktion der Stärkescheide.

Der Begriff der Stärkescheide wurde von Sachs (im J. 1876) eingeführt. Sachs gab als ihre Merkmale an, daß sie stets aus einer Schicht stärkehaltiger Zellen besteht, die kleiner als die umgebenden sind und immer dicht, ohne Interzellularen seitlich aneinander grenzen.

Über das Verhältnis der Stärkescheide des Stengels zur Endodermis der Wurzel äußerte Sachs die Vermutung, daß diese

Schichten identisch sein dürften. Gérard¹⁾ studierte an mehr als 7000 Schnitten den Übergang der Wurzel in den Stengel und behauptet, die Endodermis gehe langsam in die Stärkescheide über. Neuere Untersuchungen zeigten, daß diese Beobachtung nicht für alle Pflanzen richtig ist, und diese Frage rückte wieder in den Vordergrund des Interesses zuerst infolge der statolithischen Hypothese von Haberlandt und Němec sowie auch dank der Stelartheorie, die eine Grenze zwischen Rinde und Zentralzylinder erfordert.

Die BW-Reaktion der Stärkescheide untersuchte ich genau an *Dorstenia Barterii* Bur. (Fam. *Moraceae*). Querschnitte durch den jungen Stengel lassen an dem Inhalt der beweglichen Stärke eine Stärkescheide unterscheiden, die einen unregelmäßigen, von den Markstrahlen durchbrochenen Ring darstellt. Ein gut in absolutem Alkohol fixiertes Material zeigt eine streng auf die Membranen begrenzte BW-Reaktion. Ähnlich, wie bei der Endodermis, ist auch hier die Oxydase auf der äußeren Oberfläche der Zellwände lokalisiert, doch entstehen, wenn das Material nicht genug gehärtet ist, blaue Kristalle auch auf der inneren Seite der Zellmembranen und werden infolgedessen im Innern der Zelle angehäuft, was zu irrigen Ansichten über die Lokalisation der Oxydase verleiten kann. Neben der Stärkescheide reagiert auch das Leptom und die Epidermis. Dieselbe Reaktion erhält man mit Guajak, α -Naphthylamin, α -Naphthol, Indophenol, p-Phenylendiamin, woraus zu ersehen ist, daß wir in diesem Falle mit derselben extrazellularen Oxydase (Phenolase) wie bei der Endodermis zu tun haben. Die BW-Reaktion der Stärkescheide wurde bei *Galinsoga parviflora*, *Oxalis stricta*, *Ajuga pyramidalis*, *Scabiosa atropurpurea*, *Alonsoa Warszewiczii*, *Euphorbia splendens* und einigen anderen Pflanzen beobachtet; die interessanten Verhältnisse bei *Aeschynanthus pulchra* (Fam. *Gesneriaceae*) will ich weiter unten genauer darstellen.

Die BW-Reaktion der Stärkescheide ist deswegen auffallend, weil sie eine Analogie zwischen der Funktion der Endodermis und derjenigen der Stärkescheide vermuten läßt. Bis jetzt wurden diese zwei Schichten nur anatomisch homologisiert, hier sehen wir aber zwischen ihnen auch eine gewisse Ähnlichkeit in dem physiologischen, genauer gesagt, in dem chemischen Verhalten.

¹⁾ „Passage de la racine à la tige“. Ann. d. Sc. nat., Bd. XI, 1881.

Einem interessanten Verhältnis der Stärkescheide zur Endodermis begegnen wir bei der oben erwähnten *Aeschynanthus pulchra*. Auf Querschnitten durch den jungen Stengel (aber nicht weiter als 1—2 cm von der Spitze) finden wir eine typisch ausgebildete Stärkescheide. Sie besteht aus einer Reihe dicht aneinander anschließender Zellen mit großen Stärkekörnern (der Durchmesser der einfachen Körner beträgt 6—7 μ). Diese Stärkekörner stecken bald einzeln, bald zu 2—4 zusammen in den Chloroplasten, die aber dann, wenn vollkommen mit Stärkekörnern vollgepropft, schwer zu erkennen sind. Normale Chloroplasten anderer Parenchymzellen der Rinde oder des Marks haben zumeist nur 2—3 μ im Durchmesser und enthalten nur äußerst winzige Stärkekörnchen. Infolgedessen tritt die Stärkescheide bei Behandlung des Präparates mit Jod ungemein stark hervor. Bei genauer Durchforschung der Stärkescheidezellen bemerkt man an ihren radialen Wänden die für die Endodermiszellen charakteristischen Caspary'schen Punkte, welche in diesem Falle ganz gegen die innere Seite der Radialwände verschoben sind. Dasselbe Bild finden wir auf Querschnitten von Blattstielen (Fig. 3). Die Reaktion ist auf diese Endodermiszellen beschränkt und tritt am stärksten dicht an dem Caspary'schen Streifen auf, der infolgedessen sowohl auf Quer- wie auch auf Längsschnitten deutlich zum Vorschein kommt. Auf Längsschnitten sehen wir häufig die Stärkekörner auf der einen Seite der Zellen, in der für die statolithische Stärke charakteristischen Weise gehäuft (Fig. 4).

Wir haben also vor uns eine Zellschicht, die gleichzeitig als Stärkescheide und als Endodermis fungiert, was für die Anschauungen über die Funktion dieser beiden Schichten nicht ohne Bedeutung zu sein scheint.

Führen wir Querschnitte weiter von der Stengelspitze, so sehen wir, daß diese Schicht die für die Endodermiszellen typischen Umwandlungen aufweist (Fig. 5). Die Stärke verschwindet, es treten Suberinlamellen auf und die Primärendodermiszellen gehen in das Sekundärstadium über. Manche Zellen verbleiben aber im Primärstadium und diese erhalten weiter Stärke und weisen zugleich die Caspary'schen Punkte auf. Solchen „Durchlaßzellen“ gegenüber entwickeln sich aus dem Rindenparenchym gewöhnlich zuerst die mechanischen Zellen, die später außerhalb der Endodermis eine geschlossene Scheide bilden. In Fig. 5 sehen wir auch eine für die

ausgebildeten Endodermzellen seltene Erscheinung, daß dieselben durch eine tangentielle Wand in zwei Zellen geteilt werden, von denen die innere die Suberinlamelle entwickelt und ins Sekundärstadium übergeht, die äußere dagegen, wie die Primärzellen, bewegliche Stärke enthält. Ein Tertiärstadium in der Entwicklung der Endodermzellen finden wir weder bei *Aeschynanthus pulchra* noch bei den verwandten Arten (*Aes. marmorata*, *Aes. javanica*), die sonst ähnlichen anatomischen Bau aufweisen.

Wir haben also bei *Aeschynanthus pulchra* einen Fall, wo die Endodermis im Primärstadium zugleich als Stärkescheide ausgebildet ist.

Die Oxydasen treten ständig besonders reichlich in den Lenticellen und Spaltöffnungen, in dem Aerenchym und den Aerenchymen, ferner auf der Oberfläche der Phanerogamenwurzel und der Interzellularen im Parenchymgewebe, in den Epidermismembranen der Wasserpflanzen und auch der Hymenophyllaceen (Fehlen der Spaltöffnungen) u. s. w. auf, also vor allem in Geweben und Organen, in welchen eine starke Gasabsorption durch die Wände im Interesse der Atmung stattfindet.

Auf diese Lokalisation machte schon Prof. Raciborski in seinen ersten Arbeiten aufmerksam, in denen er sich aber vor allem mit dem intrazellulären Leptomin beschäftigte.

In seinen weiteren, noch nicht abgeschlossenen Arbeiten bediente sich Prof. Raciborski, um gute Lokalisationsbilder zu erhalten, des Benzidinwasserstoffsperoxyds. und, da es bei dieser Untersuchungsmethode nicht immer möglich ist, ohne weiteres zu entscheiden, ob man mit Oxydase oder Leptomin zu tun hat, so betonte er besonders das extra- oder intrazelluläre Auftreten der Oxydasen in weiterem Sinn. Demnach ist es ratsam, für die Gesamtheit der auf der Oberfläche der Zellmembranen auftretenden Oxydasen den von Prof. Raciborski eingeführten Termin „extrazelluläre Oxydase“ anzuwenden. Für die im lebenden Zellinnern auftretenden Oxydasen, die bis jetzt nur im Innern der Sieb-, Milch- und Schleimröhren gefunden worden sind, soll dagegen bis auf weiteres der Name „Leptomin“ beibehalten werden.

Die oben angeführte Lokalisation der extrazellulären Oxydasen an den Stellen des starken Gasaustausches in verschiedenen zur Aufnahme des atmosphärischen Sauerstoffs dienenden Organen

weist gleichzeitig auf die Endodermismembranen mit Ausschluß des Caspary'schen Streifens als auf eine Stelle regen Gasaustausches zwischen der Rinde und dem Gefäßbündel hin. Weiter bietet die feinere Lokalisation der Oxydasen, vor allem in den Zwickeln und Mittellamellen, eine interessante Parallele in der Verbreitung dieser und der Pektinsubstanzen, auf welche Prof. Raciborski bei der Untersuchung der Tracheen und Tracheiden hingewiesen hat¹⁾.

Ich untersuchte an einigen Pflanzen die Lokalisation der Pektine mit Rutheniumrot, Safranin und Methylenblau und konnte eine stärkere Färbung der Endodermiswände als der benachbarten Zellen der Rinde oder des Zentralzylinders feststellen. Besonders deutlich trat die Färbung in Zwickeln der Endodermis auf und stimmte im allgemeinen mit der Verbreitung der Oxydasen überein, doch kamen die Pektine auch dort vor, wo Oxydasen fehlten.

Man kann im großen und ganzen sagen, daß dort, wo die extrazellularen Oxydasen auftreten, sich immer Pektine nachweisen lassen, daß hingegen an Stellen, wo wir die Pektinsubstanzen treffen, die Oxydasen fehlen können.

Über die physiologische Bedeutung der Ansammlung der Oxydase auf der Oberfläche der Endodermiszellen läßt sich bei der gänzlichen Unkenntnis der Rolle dieser Oxydase nichts Sicheres sagen, doch möchte ich folgendes betonen.

Wir haben oben das regelmäßige Auftreten der extrazellularen Oxydasen in Atemorganen und solchen Zellen, Geweben und Organen festgestellt, die ohne Zweifel an dem Gasaustausch im Interesse der Atmung tätig sind.

Zu solchen Geweben müssen wir jetzt auch die Endodermis

¹⁾ Über die extrazelluläre Oxydase, 1905, S. 674:

„Bei zahlreichen Pflanzen ist gerade die Benzidin-Wasserstoffsuperoxyd-Reaktion die schönste und augenfälligste (im Vergleich zu der des Ruthenium oxychloratum ammoniacale mehr distinkte, zugleich billigere) Reaktion auf die Tüpfel, z. B. auf die Hoftüpfel der Koniferen. Bei der Kiefer oder der Fichte nehmen diese, speziell der Torus, eine dunkelblaue, dauerhafte Farbe an. Ich habe keine Gelegenheit gehabt, die zahlreichen Farbstoffe, welche nach Mangin Pektinindikatoren sind und die Mittellamelle tingieren, in Betreff der interessanten Parallele der Lokalisation mit dem Benzidin-Wasserstoffsuperoxyd zu untersuchen. Die Färbung mit Rutheniumrot ist jedoch eine rein physikalische Erscheinung, welche auch an oxydasefreien Schnitten erscheint, während die Benzidinreaktion einer Oxydation ihren Ursprung verdankt“.

zählen, während bisher die relative Impermeabilität und die Einengung der nach dem Zentralzylinder führenden Leitungsbahnen als ihre Hauptfunktion angesehen wurde.

Diese Vermutung über die Funktion der Endodermis ist nicht befremdend, wenn wir uns vergegenwärtigen, daß die Endodermis die an Interzellularen reiche primäre Rinde von den geschlossenen Geweben des Zentralzylinders streng abgrenzt und daß die Zellen desselben doch auf irgendwelche Weise den ihnen zur Atmung notwendigen Sauerstoff durch Vermittlung der Endodermis bekommen müssen. Das Auftreten der Oxydase auf der Oberfläche der Endodermiszellen weist also auf die Rolle der Endodermis in der Versorgung des Sauerstoffs für den Zentralzylinder hin, ob aber die Oxydase selbst sich an dieser Funktion beteiligt, darüber wissen wir derzeit gar nichts.

Das gänzliche Fehlen der Oxydasen im Caspary'schen Streifen stimmt gut mit der Hypothese des Professors A. Meyer (die zwar noch nicht genügend bewiesen ist) überein, daß nämlich der Caspary'sche Streifen die Stelle der stärksten plasmatischen Verbindungen zwischen den Protoplasten der Endodermiszellen darstellt; in dem lebenden Plasma sind jedoch infolge der reduzierenden Eigenschaften desselben die Oxydasen niemals zu finden. Um diese Hypothese zu prüfen, untersuchte ich junge Wurzelspitzen, welche (nach der Terminologie Prof. Meyer's) die Endodermiszellen noch im Embryonalstadium enthalten, und ich konnte in zwei Fällen (*Allium Cepa*, *Cucurbita Pepo*) mit Hilfe der BW-Reaktion den farblosen, blau umrandeten Caspary'schen Streifen beobachten, obgleich er mit Hilfe der Phloroglucin-Salzsäure auf dem unmittelbar älteren Schnitte noch nicht nachweisbar war. Diese zwar noch ungenauen Untersuchungen unterstützen die Vermutung, daß der Caspary'sche Streifen eine Stelle der starken plasmatischen Kommunikation zwischen den Protoplasten der Nachbarzellen ist und daß sein Auftreten nicht nur auf einer nachträglichen Imprägnation mit gewissen Stoffen beruht.

Jedenfalls ist es sicher, daß die Grenzmembran zweier Zellen im Bereiche des Caspary'schen Streifens genau so oxydasefrei ist wie das plasmatische Zellinnere.

Herrn Professor Raciborski bin ich für seine Anregung

und ständige Hilfe bei der Ausführung dieser Arbeit zu besonderem Danke verpflichtet.

Aus dem Botanischen Institut der Jagellonischen Universität in Krakau.

Tafelerklärung.

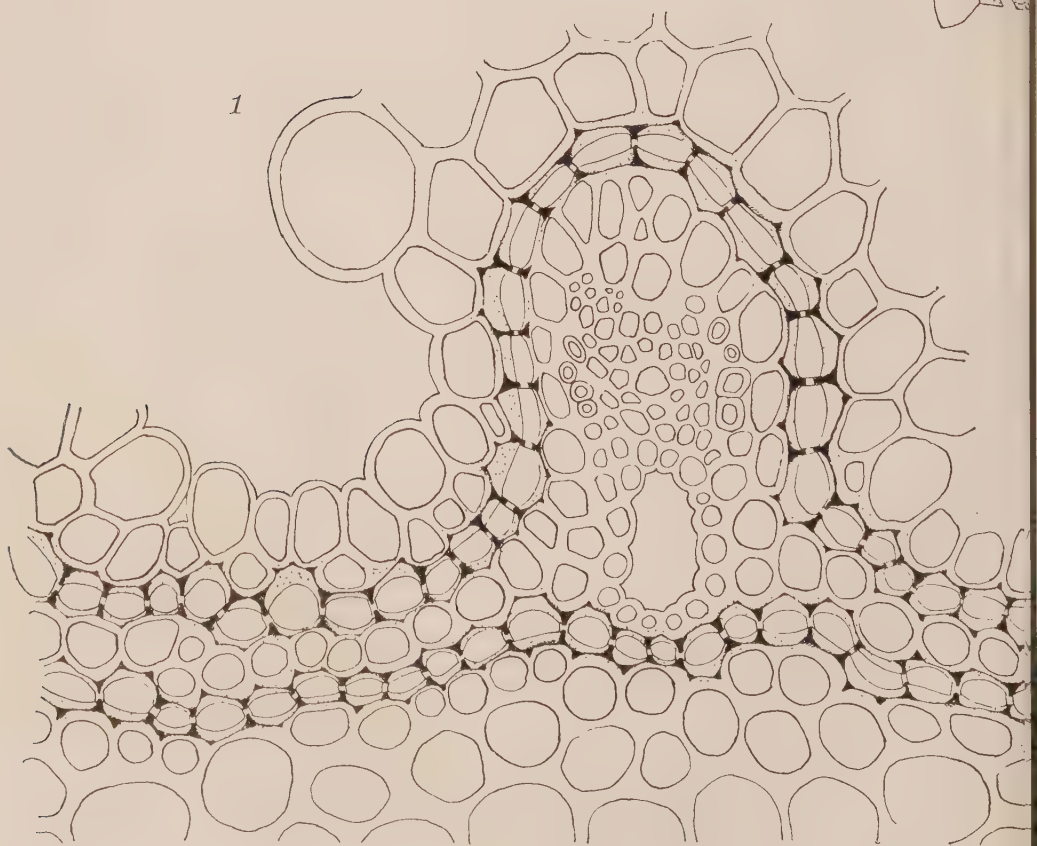
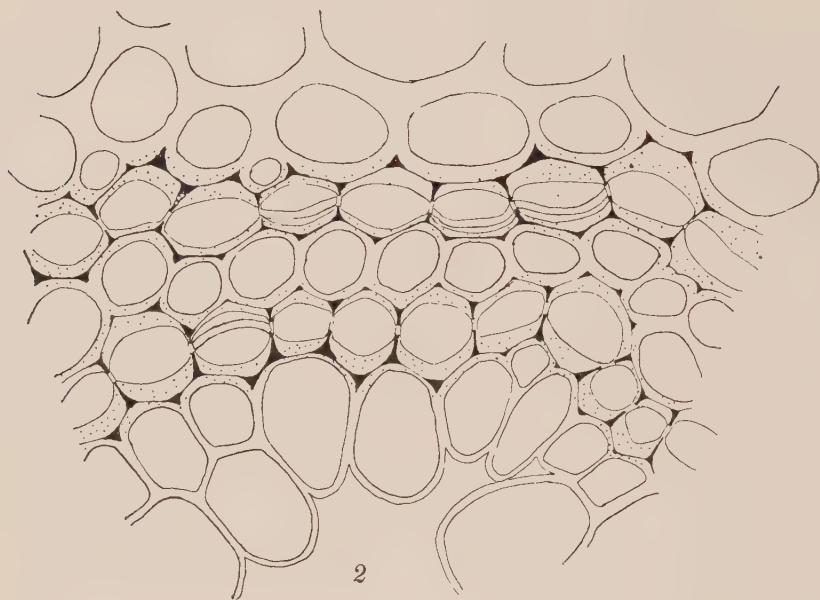
Fig. 1. *Equisetum hiemale*. Querschnitt durch den Stengel. Die Lokalisation der Oxydase in den Endodermismembranen ist durch schwarze Flecke und Linien angedeutet.

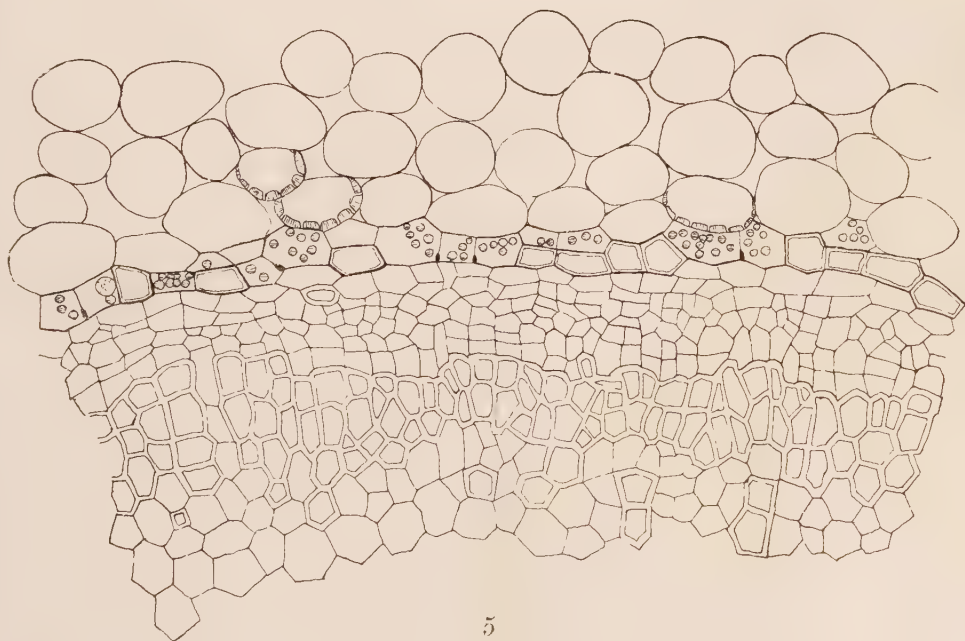
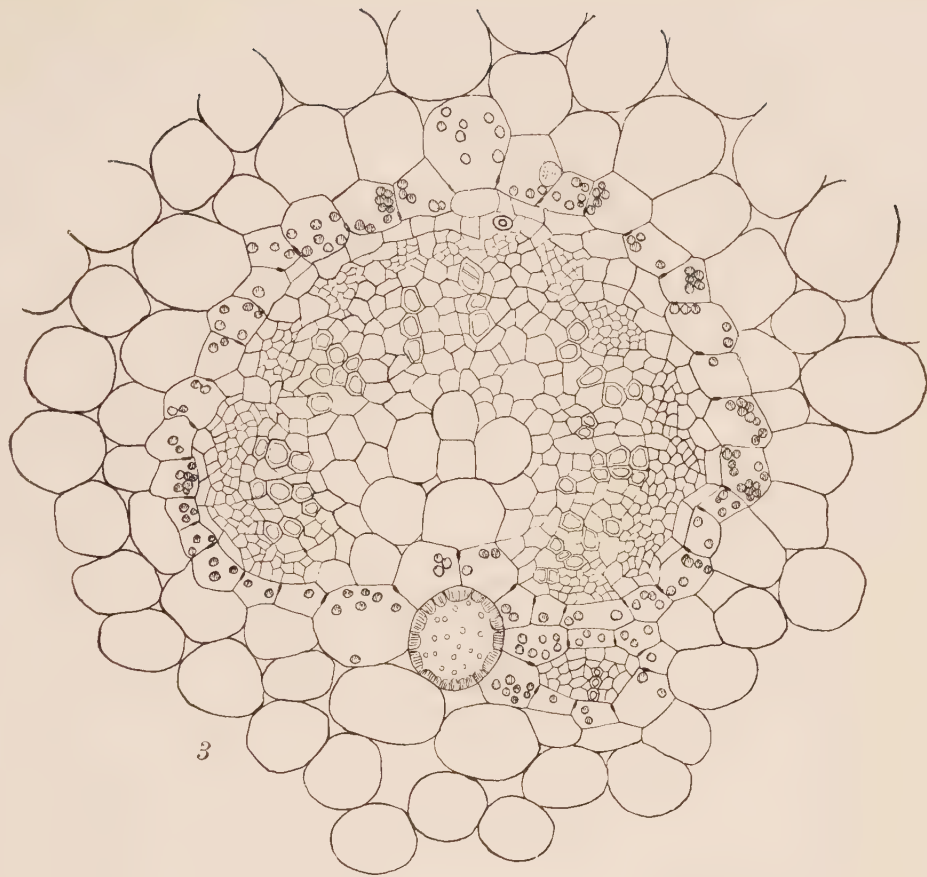
Fig. 2. Dasselbe, stärker vergrößert. In drei Zellen ist der Caspary'sche Streifen an der unteren Wand sichtbar.

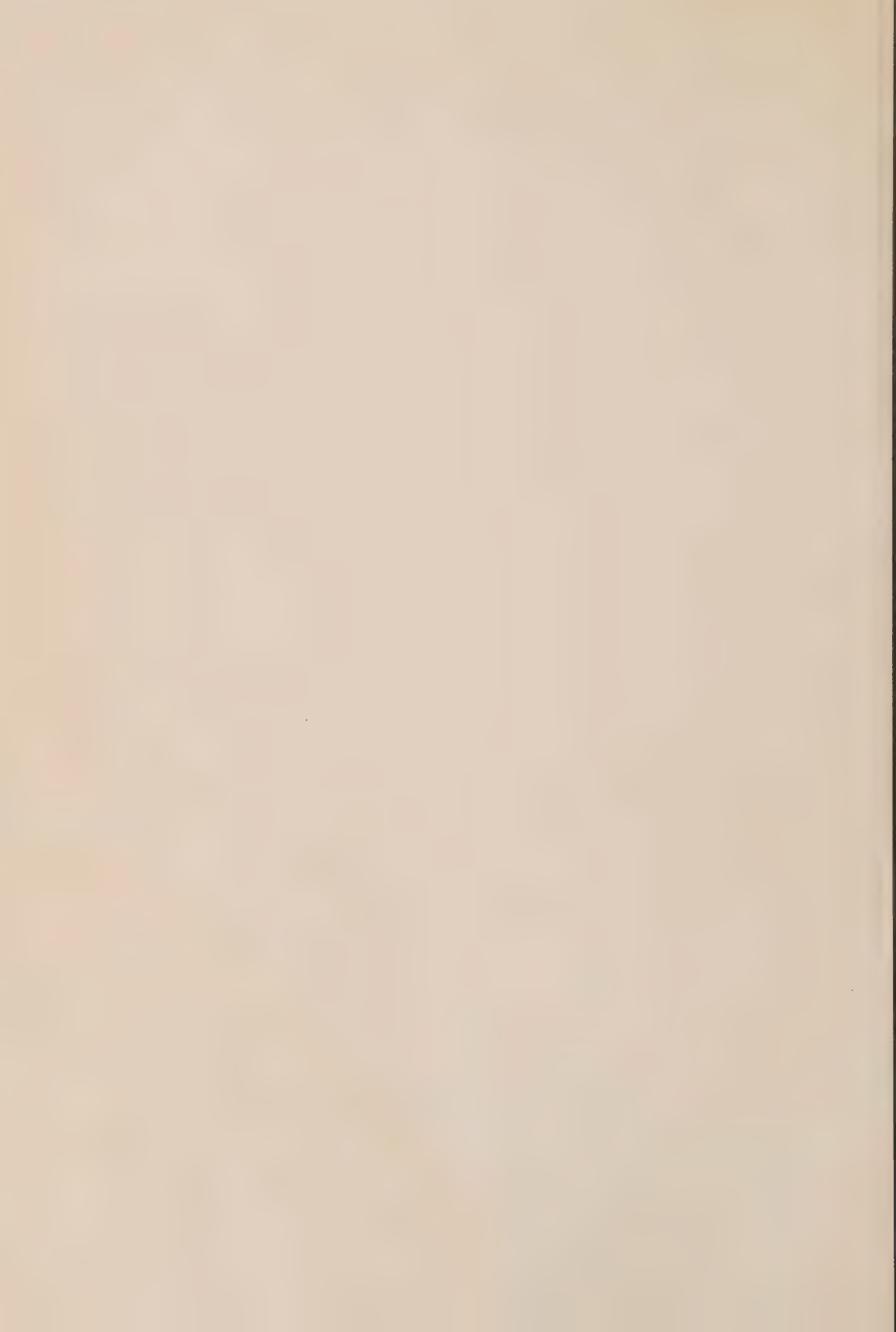
Fig. 3. *Aeschynanthus pulchra*. Querschnitt durch den Blattstiel.

Fig. 4. Dieselbe Art. Längsschnitt durch den Blattstiel.

Fig. 5. Dieselbe Art. Querschnitt durch den Stengel.







O pewnej mutacyi trawy Apera spica venti. — Über eine auffallende Mutation von Apera spica venti P. B.

Note

de M. A. ŻMUDA,

présentée, dans la séance du 6 Mars 1916, par M. M. Raciborski m. t.

(Planches 3 et 4).

Unter den von Prof. Dr. E. Janczewski in Samogitien (Ostbalticum) im J. 1912 gesammelten Pflanzen, deren Verzeichnis¹⁾ gleichzeitig in „Sprawozdanie Komisyi fizyograficznej Akad. Umiej. w Krakowie“, Bd. L (1916) erscheint, befindet sich eine interessante in Numgole bei Blinstrubiszki (Bez. Rosienie, Gouv. Kowno) im Getreide gesammelte Mutation der *Apera spica venti* P. B., die ich *Apera Samogitiensis* benenne.

Die Pflanze ist einjährig, ihre Infloreszenzen zeigen einen von der typischen *Apera spica venti* gänzlich verschiedenen Habitus und erinnern eher an eine *Hierochloa* oder eine kleinährige *Briza*. Das einzige gefundene Exemplar besitzt drei Stengel, von denen zwei eine Höhe von 42 cm, der dritte, auch blütenstandtragende, nur 8 cm Höhe erreicht. Stengel, Blätter, Ligula sind ganz normal wie bei *A. spica venti* ausgebildet. Blütenstand (Taf. 3) elliptisch-pyramidenförmig, 10 cm hoch, etwa in der Mitte 4 cm breit, mit bis 7 primären Zweigen. Äste zweiter und dritter Ordnung ganz kurz, mit rundlicheiförmigen, verflochten Anhäufungen von Ährchen endend.

Der Hauptunterschied liegt in dem Bau der Ährchen. Bei *A. spica venti* sind die Ährchen immer einblütig (Taf. 4, Fig. 12), d. h. sie bestehen aus zwei sterilen Spelzen (a_1 , a_2), die gewöhnlich Hüllspelzen genannt werden, und einer dritten fertilen (b_1), sogenannten

¹⁾ Rośliny zebrane na Żmudzi przez prof. dra E. Janczewskiego, Część II.

Deckspelze, in deren Achsel sich ein sehr kurzes, mit einem adossierten Vorblatt (b_2), d. i. Vorspelze, beginnendes und mit einer Blüte schließendes Zweiglein befindet. Bei *A. Samogitiensis* sind die Ährchen drei-, seltener zwei- oder nur einblütig; ein blütentragendes Zweiglein mit Vorspelze steht nicht nur in der Achsel der dritten Spelze, wie bei *A. Spica venti*, sondern auch in der Achsel der ersten und zweiten (seltener nur der zweiten) gewöhnlich sterilen Spelzen (Taf. 4, Fig. 1, 13), so daß die sogenannten Hüllspelzen den Charakter von Deckspelze annehmen.

Die Spelzen, welche bei *A. spica venti* verlängert lanzettlich sind und die Länge von 2—2.5 mm erreichen, sind hier stark verkürzt und verbreitert, höchstens 1.5 mm lang, schwach rauh. Die zwei unteren Spelzen (Taf. 4, Fig. 1 a, b, 2, 3) sind grannenlos, elliptisch-eiförmig, stumpf, grün, nur an der Spitze und den Rändern häutig, die dritte Spelze (Taf. 4, Fig. 1 c) länglich elliptisch, etwas zugespitzt, meistens grannenlos, ausnahmsweise mit einer kurzen, geraden Granne. Die Vorspelzen aller drei Blüten des Ährchens (Taf. 4, Fig. 4) sind gleichgestaltet, häutig, elliptisch-eiförmig, an der Spitze stumpf oder gespalten, ohne oder mit zwei vor der Spitze endenden Nerven. Die Lodiculae (Fig. 6), der Fruchtknoten (Fig. 7 a, b), die Staubblätter (Fig. 9) sowie Staubkörner sind meistens gut ausgebildet, hie und da findet man eine oder alle Blüten des Ährchens verkümmert. Die Staubfäden sind sehr kurz, viel kürzer als die Staubbeutel, die Staubblätter ragen gar nicht oder nur sehr wenig aus den sich schwach öffnenden Blüten hervor.

Daß die Zuzählung der *A. Samogitiensis* als Mutation zu *A. Spica venti* richtig ist, beweisen einerseits einige typisch ausgebildete Ährchen, die sich in der Infloreszenz des kleinen dritten Stengels fanden, andererseits Übergangsformen von den drei- zu einblütigen Ährchen unter den rein dreiblütigen. Ohne die erwähnten Tatsachen wäre es nicht so leicht, die systematische Stellung der *A. Samogitiensis* zu bestimmen und die Zugehörigkeit der Art zur Gattung *Apera*, ja sogar zur Tribus *Agrostideae* festzustellen, die im Gegensatz zu anderen Tribus der Unterfamilie *Poëoideae* der *Gramina*, wie *Aveneae*, *Festuceae* u. a., durch die stets einblütigen Ährchen charakterisiert wird.

In dieser Hinsicht erinnert unsere Pflanze an die Gattung *Coleanthus* Seid., deren systematische Stellung bis heute fraglich bleibt. *Coleanthus*, ein niedriges, einjähriges Gras, besitzt einblütige Ährchen,



A. Żmuda.







die in ähnliche Büschel wie bei *A. Samogitiensis* gehäuft sind, keine Hüllspelzen, eine zugespitzte Deckspelze, eine dünnhäutige, zweikielige, zweispitziige Vorspelze, keine Lodicae und nur zwei Staubblätter.

Als sehr beachtenswert muß hervorgehoben werden, daß die *Samogitiensis*-Mutation von dem Gräserotypus gewissermaßen in gleicher Weise abweicht wie *Coleanthus*.

Aus dem Botanischen Institut der Universität in Krakau.

Erklärung der Tafeln.

Taf. 3.

Apera Samogitiensis Żm. Photographische Aufnahme der getrockneten Pflanze.

Taf. 4.

1. Ein dreiblütiges Ährchen, in dem die Blüte *c* normal, die Blüten *a* und *b* in den Achseln der ersten und der zweiten Spelze stehen.
 2. Die zweite Spelze des Ährchens.
 3. Die erste Spelze des Ährchens.
 4. Vorspelze einer der neuenstandenen Blüten.
 5. Vorspelze, Lodicae, Staubblätter und Fruchtknoten einer anderen Blüte.
 6. Eine von den zwei Lodicae.
 7. *a*, *b*. Fruchtknoten, von der Seite und von vorne gesehen.
 8. Narben des Fruchtknotens im Querschnitt.
 9. Staubblatt.
 10. Staubkorn.
 11. Unterer Teil der Blattspreite mit Ligula.
 12. Schema eines typischen Ährchens von *Apera spica venti*.
 13. Schema des dreiblütigen Ährchens von *A. Samogitiensis*. *a*₁, *a*₂ Hüllspelzen, *b*₁ Deckspelze, *b*₂ Vorspelze der obersten Blüte.
-

O dzieleniu się podłużnem ukwiału Actinia Cari. — Über die Längsteilung bei Actinia Cari.

Mémoire

de M. K. KWIETNIEWSKI,

présenté, dans la séance du 6 Mars 1916, par M. M. Siedlecki m. c.

(Planche 5).

Unter den Exemplaren der *Actinia Cari* aus Triest, die ich im Aquarium in dem Institute für vergleichende Anatomie der Universität Lemberg hielt, habe ich in zwei Fällen Doppelindividuen, die durch Längsteilung entstanden sind, beobachtet. Anfangs waren diese Actinien, wenigstens äußerlich, normal, und es wurde an ihnen erst nach Verlauf einiger Monate eine Verdoppelung wahrgenommen. Ich ließ das eine Exemplar noch einige Wochen lang am Leben, doch es fanden keine merklichen Fortschritte in dem Teilungsprozeß statt. Um die Vorgänge in der inneren Organisation bei der Teilung zu studieren, habe ich die Actinien nach Betäubung mit Magnesiumsulphat in absolutem Alkohol konserviert und in vollständige Schnittserien zerlegt.

Exemplar A. Dimensionen: Höhe zirka 2 cm, Diameter 2·5 bis 4·5 cm. Der Körper ist im Querschnitt länglich-oval, äußerlich ungeteilt, nur schwache Längsfurchen am Mauerblatte beiderseits deuten die Grenze der zwei Individuen an (Taf. 5, Fig. 1, 3). Beide Individuen sind von ungleicher Größe, das eine ist etwa zweimal so groß wie das andere. Die Fußscheibe ist ungeteilt, die Mundscheibe dagegen zeigt den Teilungsprozeß am deutlichsten. Die Mundscheiben beider Individuen sind zwar nicht vollkommen voneinander getrennt und bilden ein kontinuierliches Ganze, ihre Umrisse treten jedoch durch entsprechende Einschnürung deutlich hervor (Taf. 5, Fig. 2). Der Mundscheibendiameter des größeren Individuums mißt 1·8

bis 2·5 cm, während derjenige des kleineren 1·2 cm beträgt. Beide Tentakelkränze sind nicht ganz voneinander getrennt und gehen ineinander kontinuierlich über. An dem eingeschnürten Teile der Mundscheibe, an der Grenze beider Individuen, befindet sich jedoch ein einziger (Mittel-) Tentakel, welcher das Bindeglied zu dem vollständigen Abschluß des Tentakelkranzes andeutet. Dieser Tentakel kommuniziert (Taf. 5, Fig. 5, *T*) mit dem gemeinsamen Binnenfach, welches seine Entstehung einer teilweisen Verlötung der beiden gegenüberliegenden Mesenterien verdankt, die den letzten, sich an der Grenze des größeren Individuums befindenden, vollständigen Mesenterienpaaren angehören (siehe unten).

In der Mitte jeder der beiden Mundscheiben befindet sich eine Mundöffnung, welche in ein besonderes Schlundrohr führt. Die beiden Schlundrohre sind voneinander gänzlich unabhängig und von ungleicher Länge, dasjenige des kleineren Individuums ist bedeutend länger als das andere. Das Schlundrohr des größeren Individuums besitzt am unteren Rande, in der Ebene der großen Achse, zwei gegenüberliegende spaltförmige Einschnitte. Die Siphonoglyphe fehlen dem größeren Individuum gänzlich, während sie am Schlundrohre des kleineren in Zweizahl entwickelt sind und einander gegenüber liegen. An die Siphonoglyphe setzen sich die beiden Richtungsseptenpaare an.

Die Mesenterienanordnung (Taf. 5, Fig. 4) ist unregelmäßig und weist keine hexamere Symmetrie, weder im ganzen, noch in den einzelnen Individuen auf. Im ganzen sind 82 Mesenterienpaare vorhanden, davon setzen sich 22 Paare an die beiden Schlundrohre an, während die übrigen unvollständig sind. Das größere der beiden Individuen besitzt 55 Paar Mesenterien. Im Zusammenhang mit dem Fehlen der Siphonoglyphe gibt es keine Richtungsmesenterien. An den Körperstellen, wo die Symmetrie verhältnismäßig besser erhalten geblieben ist, erscheint die Mesenterienanordnung als pentazyklisch, in anderen Körpergegenden ist sie mehr oder weniger verwischt. Angesichts dieser ungleichmäßigen Ausbildung und des Fehlens der Richtungsmesenterien läßt sich die Mesenterienanordnung nicht genau bestimmen. Unter den Mesenterien sind 15 Paare vollständig; sie gehören möglicherweise der ersten, zweiten und dritten Ordnung an.

Zwischen diesen vollständigen Mesenterien befinden sich die Mesenterien höherer Ordnungen, je zu drei (d. h. eine der vierten und

zwei der fünften Ordnung) ziemlich regelmäßig angeordnet. Diese Regelmäßigkeit wird dadurch gestört, daß in zwei von diesen Gruppen sich je vier, in der einen nur zwei Paare befinden; und noch in einem anderen Fall, nämlich an der Grenze des Individuums, befindet sich ein einziges unvollständiges Paar, welches zwei sich an das Schlundrohr ansetzende Paare voneinander trennt.

Etwas abnorm verhalten sich die Mesenterien, welche in der Ebene der großen Achse, dem Teilungsgebiet gegenüber liegen. In dem Binnenfache, welches von divergierenden Mesenterien begrenzt ist, befinden sich am Schlundrohre rudimentäre Septen, welche an das Mauerblatt nicht übergehen. Zwei von diesen Septen sind untereinander teilweise membranartig verwachsen.

Die Zugehörigkeit der betreffenden Mesenterien zu dem System des größeren Individuums unterliegt keinem Zweifel, da an der Grenze der beiden Individuen sich hier beiderseits vollständige Mesenterien befinden, welche sich an das Schlundrohr des größeren Teilstückes ansetzen. Diese Mesenterien sind paarig; es folgt daraus, daß die Teilungsebene in den Zwischen- und nicht in den Binnenfächern liegt. Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß das letzte Mesenterium an der Grenze unterhalb der Mundscheibe mit dem gegenüberliegenden zu einer vollständigen Scheidewand verwachsen ist (Taf. 5, Fig. 5, $S_1^* S_2^*$). Diese Scheidewand biegt sich gegen das Schlundrohr um, und die beiden Mesenterien trennen sich, indem sie mit dem Schlundrohr verwachsen, voneinander.

Die Anordnung der Mesenterien bei dem kleineren Individuum ist folgende. Im ganzen sind 27 Mesenterienpaare, darunter zwei Paar Richtungsmesenterien, vorhanden. Diese letzteren liegen einander gegenüber und sie bestimmen die Richtungsebene, welche jedoch infolge ungleichmäßiger Ausbildung der Mesenterien den Körper nicht in gleiche, symmetrische Hälften teilt. Die Richtungsebene des kleineren Individuums ist unter einem schiefen Winkel gegen die Teilungs-(Mittel-)Ebene geneigt. Das eine von den Richtungsmesenterienpaaren befindet sich an der Grenze der beiden Teilstücke, in der nächsten Nachbarschaft der sich an das andere Schlundrohr ansetzenden Mesenterien. Die gegenüberliegenden Richtungssepten sind dagegen von den nächsten Mesenterien des größeren Individuums durch sieben Paar Mesenterien getrennt. Von den fünf Paar Mesenterien, die sich außer den Richtungssepten an das Schlundrohr ansetzen, befindet sich das eine Paar in dem

genannten Grenzgebiet, während die vier anderen der anderen Körperhälfte angehören. Sie sind nicht alle gleich groß, da zwei Paare einen tieferen Ausschnitt besitzen. Zwischen den vollständigen Mesenterien befinden sich die unvollständigen, welche in zwei Zyklen (in Gruppen zu drei) angeordnet sind. Nur in der Nähe der Richtungsmesenterien fehlt ein kleines Septenpaar.

In beiden Individuen sind gut entwickelte weibliche Gonaden sowohl an vollständigen wie an unvollständigen Mesenterien vorhanden.

Aus der obigen Darstellung ersieht man, daß die Mesenterienanordnung recht unregelmäßig ist und sich nicht direkt vom hexameren System einer normalen Actinie ableiten läßt. Man kann wohl annehmen, daß dieses Exemplar sich überhaupt nicht normal entwickelt hat, so daß der innere Bau wesentlich von der Norm abweicht und seine Mesenterienanordnung keine symmetrische ist. Auffallend ist das Vorhandensein der Richtungsmesenterien nur in dem kleineren Individuum. Wollten wir annehmen, daß sie beim Teilungsprozeß von dem ursprünglichen Individuum, in welchem sie ebenfalls die Richtungsebene bestimmten, auf das kleinere Teilstück übergegangen sind, so würde daraus folgen, daß die Entwicklung beider Körperhälften des ursprünglichen Tieres sehr ungleichmäßig war. Während die eine Hälfte mit ihren 18 Paar Mesenterien in der Entwicklung zurückblieb, wuchs die andere übermäßig, entwickelte 62 Septenpaare, und aus ihr differenzierte sich das zweite Individuum.

Diese Annahme ist jedoch nicht zwingend, weil man sich die Besonderheiten in dieser Mesenterienanordnung auch als anders entstanden denken kann, nämlich durch regenerative Prozesse infolge einer Verletzung, wobei eine Neubildungszone der Mesenterien entstanden ist. Für diese Annahme scheint so manches zu sprechen. So z. B. läßt sich die Verwachsung zweier gegenüberliegender Septen, wie sie oben beschrieben wurde, wohl dadurch erklären, daß diese Mesenterien aus einem einzigen, bei der Resorption des mittleren Teiles entstanden sind, eine Erscheinung, die infolge einer Verletzung der betreffenden Körperstelle leicht stattfinden konnte.

Das beschriebene Doppelindividuum der *Actinia Cari* weist eine gewisse Ähnlichkeit mit den von Carlgren (1904) bei *Sagartia viduata* beobachteten Doppeltieren auf. Carlgren fand nämlich, daß bei der Laceration von größeren Fragmenten des proximalsten

Körperteiles, in deren Mitte ein Richtungsmesenterienpaar liegt und deren Richtungstentakel stark den übrigen Tentakeln in Größe und Breite vorseilt, Doppeltiere entstehen. Solche Doppeltiere besitzen einen für beide Hälften gemeinsamen Mitteltentakel. Einen solchen besitzt nun auch das beschriebene Exemplar der *Actinia Cari*, und man könnte deshalb an eine ähnliche Entstehungsweise dieser Doppelbildung denken. Bei einer näheren Betrachtung zeigt sich jedoch, daß zwischen diesen Bildungen nicht unwesentliche Unterschiede bestehen. Vor allem erhebt sich der Mitteltentakel in den von Carlgren beschriebenen Doppeltieren über dem Richtungsfach, während er bei der von mir untersuchten Actinie einem anderen Binnenfach angehört. Dieser Unterschied ist aber gewiß nicht unwesentlich, da, wie es Carlgren's Untersuchungen gezeigt haben, bei der Regeneration sich zunächst der Richtungstentakel entwickelt und als der stärkste den weiteren Entwicklungsgang des Tieres derart beeinflußt, daß er bei schnellem Wachstum des Fragmentes eine Verdoppelung der Organisation hervorruft, während er selbst seine Stellung an der Grenze beider Individuen beibehält.

In unserem Falle müßte man also annehmen, daß auch ein Tentakel eines untergeordneten Binnenfaches, welcher sich normalerweise später entwickelt, eine dem Richtungstentakel ähnliche Rolle spielen konnte, was übrigens unter gewissen Umständen nicht als ganz unmöglich erscheint.

Außerdem gehört dieser Tentakel nicht, wie in den von Carlgren beobachteten Fällen, dem Scheidungsfache der Mesenteriensysteme beider Individuen an, sondern er kommuniziert mit dem angrenzenden, übrigens anormal ausgebildeten Fache, welches bereits vielmehr dem größeren Individuum angehört.

Ein weiterer Unterschied besteht darin, daß bei Carlgren's Doppelbildungen die Teilungsebene in dem Richtungsfach liegt, während sie sich bei unserem Doppeltier in den Zwischenfächern befindet. Die neue Symmetrieebene der Doppelindividuen bei *S. viduata* liegt senkrecht zur Richtungsebene des Fragmentes (d. h. zur Teilungsebene); hier dagegen finden wir solche Symmetrieverhältnisse nicht vor.

Bei der Interpretation der beschriebenen Doppelbildung der *A. Cari* wird man diese Unterschiede in Betracht ziehen müssen sowie den Umstand, daß bei der Entwicklung aus Fragmenten die beiden Mundöffnungen frühzeitig entstehen, daß aber unsere

Actinie, obwohl gut entwickelt, noch anfangs eine einfache Mundöffnung besaß.

Aus obigen Gründen erscheint es fraglich, ob diese Doppelbildung einem ähnlichen Prozeß, wie es bei den Lazerationsstücken der *S. viduata* der Fall war, ihre Entstehung verdankt. Es ist aber nicht auszuschließen, daß in diesem Tier infolge einer Verwundung regenerative Prozesse stattgefunden haben.

Exemplar B. Dieses Exemplar ist etwas kleiner als das vorhergehende. Seine Dimensionen sind: Diameter zirka 4 cm, Höhe zirka 2 cm. Der Körper ist fast zylindrisch. Auf dem Mauerblatte und auf der Fußscheibe sind keine Spuren einer Längsteilung zu sehen. Die Mundscheibe ist ein wenig oval, ungeteilt, mit einer einfachen Tentakelkrone versehen. Äußerlich macht sich der Teilungsprozeß lediglich nur in der Mundgestaltung bemerklich. In der Mitte der Mundscheibe findet man statt einer einzigen zwei kleinere Mundöffnungen, 7—8 mm voneinander entfernt. Jede Mundöffnung ist von wulstigen Lippen umgeben, jedoch die zwischen den Mundöffnungen liegenden Lippen gehen ineinander über, so daß die Mundscheibe nicht zwischen die Mundöffnungen eindringt, sondern beide zusammen umgibt (Taf. 5, Fig. 7).

Die Mundöffnungen sind spaltförmig, und ihre großen Achsen sind ungefähr parallel zu der Teilungsebene. Jede Mundöffnung führt in ein besonderes Schlundrohr, und die beiden Schlundrohre, obwohl sehr nahe aneinander gelegen, sind voneinander völlig unabhängig. Das eine Schlundrohr ist größer als das andere und mit einer einzigen Schlundrinne versehen, während eine solche dem anderen Schlundrohr gänzlich fehlt.

Die Mesenterienanordnung ist folgende. In dem ganzen Tier sind 76 Mesenterienpaare vorhanden, davon 23 vollständige, die sich an die beiden Schlundrohre ansetzen. Nur ein einziges Paar hat den Bau der Richtungsmesenterien. Die unvollständigen Mesenterien sind in zwei Zyklen, jedoch nicht ganz gleichmäßig entwickelt. Die Mesenterienanordnung ist also nicht streng symmetrisch, stellenweise aber doch regelmäßig ausgebildet, und da erscheint sie als pentazyklisch, in anderen Körpergegenden ist sie dagegen verwischt.

Die Verteilung der Mesenterien auf beide Individuen ist eine derartige, daß 13 Paare der vollständigen Mesenterien mit dem einen, 10 Paare dagegen mit dem anderen Schlundrohr in Verbindung

treten. Das einzige Richtungsmesenterienpaar gehört der ersteren dieser Gruppen an. Die Ebene, welche durch das Richtungsfach geht, ist zur Teilungsebene unter einem Winkel von zirka 45° geneigt. Die Teilungsebene liegt auf der einen Körperseite in einem Zwischenfach, begrenzt von Mesenterienpaaren, die man ihrer Größe und der relativen Lage nach für Mesenterien erster und dritter Ordnung halten könnte. Während die Mesenterien dritter Ordnung sich an dasselbe Schlundrohr wie das Richtungspar ansetzen, tritt das nächste Paar erster Ordnung mit dem anderen Schlundrohr in Verbindung. In diesem Zwischenfache befindet sich eine Gruppe von drei unvollständigen Mesenterienpaaren (vierter und fünfter Ordnung), welche sich indifferent verhalten, da sie ihre Zugehörigkeit zu dem einen oder dem anderen Individuum nicht verraten. Auf der anderen Körperseite geht die Teilungsebene durch ein Zwischenfach, welches von zwei Paaren vollständiger Mesenterien begrenzt ist, deren Ordnung infolge der Symmetriestörungen in dieser Körperpartie sich nicht näher bestimmen läßt. In diesem Zwischenfach befindet sich ein einziges Paar unvollständiger Mesenterien.

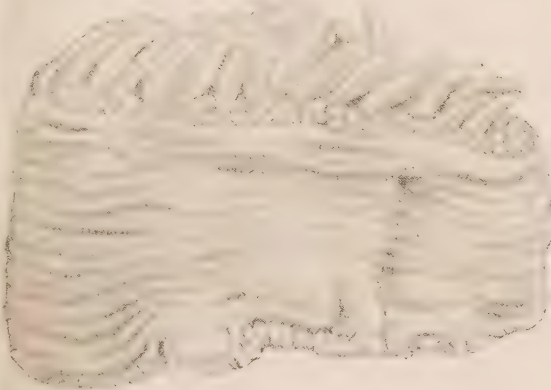
In dieser Actinie sind gut entwickelte männliche Gonaden vorhanden.

Wie wir sehen, hat auch dieses zweite Doppeltier keinen solchen Bau, der sich einfach auf eine Zweiteilung einer normal gebauten Actinie zurückführen ließe. Es haben Symmetriestörungen stattgefunden, welche man vielleicht mit einer vorangehenden Lazeration in Zusammenhang bringen könnte, wofür man in diesem Fall allerdings keine direkten Beweise beibringen kann. Es sei hervorgehoben, daß dieses Exemplar keine nähere Übereinstimmung mit den von Carlgren beschriebenen, aus Lazerationsstückchen entstandenen Doppelbildungen aufzuweisen hat.

Fassen wir also die Ergebnisse dieser Untersuchungen zusammen, so sehen wir, daß es sich in beiden Fällen der Längsteilung bei *Actinia Cari* um nicht normal gebaute Tiere handelt, und allem Anscheine nach steht die Entstehung dieser Doppelbildungen damit im Zusammenhang.

Vergleicht man die bis jetzt genauer in bezug auf die innere Organisation studierten Prozesse der Längsteilung bei verschiedenen Actinien untereinander, so sieht man, daß diese Prozesse bei den Actinien nicht in übereinstimmender Weise verlaufen, was zum Teil darauf beruht, daß, wie Carlgren (1904) mit Recht her-







vorgehoben hat, die Doppeltiere der Actiniarien in verschiedener Weise und infolge verschiedener Ursachen entstehen können. Nicht nur bei verschiedenen Formen, sondern bei einer und derselben kann der Prozeß der Längsteilung verschieden vor sich gehen, und die Teilungsebene braucht nicht durch die Symmetrieverhältnisse des Körpers bestimmt zu werden. Zwar gibt es Fälle, wo die Teilung symmetrisch ist und wo die Teilungs- und die Richtungsebene in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen, in vielen Fällen jedoch ist die Teilung unsymmetrisch und die Teilungsebene weist weder zur Richtungsebene noch zu bestimmten Mesenterienpaaren, nicht einmal zu den Binnen- oder Zwischenfächern eine konstante Beziehung auf.

Aus dem Institut für vergleichende Anatomie. K. k. Universität Lemberg.

Tafelerklärung.

Fig. 1. *Actinia Cari*. Das Doppel Exemplar *A*, von der Seite gesehen.

Fig. 2. Dasselbe Exemplar, von oben gesehen. Beide Figuren nach photographischen Aufnahmen des lebenden Tieres.

Fig. 3. Das Exemplar *A* nach der Konservierung, von der Seite gesehen, schwach vergrößert. Die Furche am Mauerblatt deutet die Grenze zwischen den beiden Individuen an.

Fig. 4. Querschnitt durch das Doppel exemplar (*A*) auf der Höhe der Schlundrohre, schematisiert. Etwa vierfache Vergrößerung. Entworfen mit Hilfe der Reichert'schen Zeichenlupe. *Oe*, *Oe* die beiden Schlundrohre. *D*, *D* Richtungsmesenterien.

Fig. 5. Doppel exemplar *A*. Querschnitt durch das Grenzgebiet beider Individuen in der distalen Körperpartie, unterhalb der Mundscheibe. Vergr. zirka fünffach. *Oe* das Schlundrohr des größeren Individuums. *S*, *S* Mesenterien der zwei ersten Paare, welche sich an das Schlundrohr des größeren Individuums ansetzen, untereinander verwachsen. *S*, *S* zwei Mesenterien dieser Paare, welche direkt mit dem Schlundrohr verwachsen. *D* Richtungsmesenterien des kleineren Individuums. *P* Mundscheibe. *T* deutet die Lage des Mitteltentakels an.

Fig. 6. *Actinia Cari*. Das Doppel exemplar *B*. Querschnitt auf der Höhe der Schlundrohre, schematisiert. Vergr. zirka fünffach. Entworfen mit Hilfe der Reichert'schen Zeichenlupe. *Oe*, *Oe* Schlundrohre. *D* Richtungsmesenterien.

Fig. 7. Doppel exemplar *B*. Der Mund geteilt in zwei Öffnungen *O*, *O*, welche von den Lippen *L* umgeben sind. Die Umrissse der Mundscheibe und des Körpers nur angedeutet, Tentakel und andere Einzelheiten weggelassen. Vergr. zirka doppelt.

Nowe i mało znane gatunki skorupiaków z jezior tatrzańskich. — Neue und wenig bekannte Crustaceen aus den Tatraseen.

Mémoire

de M. S. *MINKIEWICZ*,

présenté, dans la séance du 6 Juillet 1914, par M. M. Siedlecki m. c.

(Planches 6 et 7).

Während meiner in den Tatraseen geführten Untersuchungen habe ich einige neue oder in den Seen Europas seltener auftretende Arten und Varietäten von Cladoceren und Copepoden gefunden, welche in dieser Arbeit näher beschrieben werden sollen.

Zwei Cladoceren-Arten: *Bosmina longirostris forma tatrensis* mihi und *Macrothrix hirsuticornis* Norm. & Brady var. *groenlandica* Lilljb. sind schon von Prof. A. Wierzejski in den Jahren 1880 und 1881 unter den Namen *Bosmina longirostris* O. F. Müll. var. und *Macrothrix hirsuticornis* Norman? vorläufig kurz beschrieben worden.

Aus der Copepoden-Familie *Harpacticidae* beschreibe ich hier zwei neue Arten und eine neue Varietät und erwähne zwei bereits bekannte, aber sehr wenig verbreitete Arten.

Cladocera.

Fam. Bosminidae.

1. *Bosmina longirostris* O. F. Müll. forma tatrensis form. nov.

Bosmina longirostris O. F. Müll. aus den Tatraseen ist in den Arbeiten von Prof. A. Wierzejski in Rücksicht auf den Mangel der Schalenskulptur und die größere Länge der Vorderfüher als *Bosmina longirostris* O. F. Müll. var. beschrieben worden¹⁾. Es ge-

¹⁾ Wierzejski A. Materiały do fauny jezior tatrzańskich, in: Spraw. Komisji fizyograficznej Akad. Um., tom XVI, 1882, Kraków. — Zarys fauny stawów tatrzańskich, in: Pamiętnik Towarzystwa Tatrzańskiego, t. VIII, 1883, Kraków.

lang mir, die Retikulierung der Schale bei ziemlich vielen lebenden Exemplaren zu beobachten; sie tritt am deutlichsten bei jungen Individuen hervor, ist dagegen bei alten Exemplaren nach der Konservierung schwer zu sehen. Die Vorderfühler erreichen eine bedeutende Länge.

Unter den bekannten Formen der *Bosmina longirostris* nähert sich die *Bosmina* der Tatraseen am meisten der *forma pellucida* Stingelin¹⁾. Bedeutende Unterschiede findet man in der Bewehrung des Postabdomens, der Länge der Vorderfühler und der Zahl der Einschnitte an den letzteren; auf das an zweiter Stelle genannte Merkmal hat bereits Prof. A. Wierzejski aufmerksam gemacht. Die Länge der Vorderfühler beträgt durchschnittlich 510—520 (bei der Körperlänge = 1000); bei großen Weibchen erreichen sie 530. Die Vorderfühler besitzen 12—18 Einschnitte; bei 126 Weibchen (— es wurden fast jeden Monat 6 oder 12 Exemplare gemessen —) fand ich folgende Einschnittzahl: bei 3 ♀♀—12, bei 13 ♀♀—13, bei 22 ♀♀—14, bei 40 ♀♀—15, bei 35 ♀♀—16, bei 10 ♀♀—17 und bei 3 ♀♀—18.

Bei den Jungfernweibchen ist die Rumpfschale am Rückenrande stärker gewölbt als bei den Ehippialweibchen; die ersteren tragen im Brutraum höchstens 4 Subitaneier, die letzteren stets 1 Dauerei (Fig. 3).

Die Länge des ♀ beträgt 0.39 bis 0.59 mm.

Die Männchen sind nicht zahlreich, obgleich Ehippialweibchen im Herbst massenhaft auftreten. Das Männchen besitzt lange, am Grunde leicht angeschwollene Vorderfühler mit zwei getrennten sensitiven Borsten nahe an der Basis; die Vorderfühler sind am Rostrium beweglich eingelenkt; ihre Länge ist etwas größer als die halbe Körperlänge (Fig. 1).

Das erste Fußpaar ist mit einem starken Haken an dem Innenaste und einer langen ungefederten Borste an dem Außenaste versehen. In den Einzelheiten weicht der Bau dieses Fußpaares von demjenigen der von Lilljeborg²⁾ beschriebenen und abgebildeten Formen (Varietäten) der *Bosmina longirostris* ab (Fig. 2). Das Postabdomen ist an der Dorsalseite stark konkav.

¹⁾ Stingelin Th. Die Cladoceren der Umgebung von Basel, in: Rev. Suisse de Zool., Bd. III, 1895, S. 229; Taf. VI, Fig. 22 u. 23.

²⁾ Lilljeborg W. Cladocera Sueciae, in: Nova Acta Reg. Soc. Sc. Upsalienensis, III, vol. XIX, 1901, Upsaliae.

Die Mucronen besitzen meist drei Einschnitte und sind länger als bei dem Weibchen. Die Körperlänge beträgt 0·38—0·45 mm.

Der Jahreszyklus der tatrischen *Bosmina* aus dem Fischsee (Morskie Oko) (1404 m ü. d. M.) verläuft durchschnittlich in folgender Weise: Im Juni (9. VI. 1910), ungefähr drei Wochen, nachdem der See vom Eis frei geworden war, wurden viele junge Weibchen ohne Eier (sporadisch auch ♀♀ mit 2 Subitaneiern) gefangen; gegen Ende des Monats fand man schon viele ♀♀ in parthenogenetischer Fortpflanzung; Mitte Juli waren die Weibchen schon bedeutend gewachsen (bis 0·52 mm) und trugen oft 4 Subitaneier. Schon Mitte August konnte ich die ersten, noch in sehr geringer Anzahl auftretenden ♀♀ mit Dauereiern fangen; die Ephippialweibchen nehmen fortan allmählich gegen den Herbst an Zahl zu, obgleich die parthenogenetische Fortpflanzung noch stark anhält. Am Ausgange des Herbstes (November) steigt die Zahl der Ephippialweibchen rasch und übertrifft bedeutend die Zahl derjenigen mit Subitaneiern. In den Wintermonaten (XII. 1910, I. 1912) werden noch zahlreiche ♀♀ mit Ephippien neben verhältnismäßig sehr wenigen mit Subitaneiern gefunden. — Ende Februar hört die geschlechtliche Fortpflanzung auf. Im April (6. IV. 1910) habe ich nur einige ausgewachsene Tiere gefunden neben noch nicht zahlreichen jungen Individuen, die höchstwahrscheinlich aus Dauereiern ausgeschlüpft waren.

Die Art ist also monozyklisch und ihre Verbreitung in den Tatra-seen sehr beschränkt. Bis jetzt (nach Untersuchung von etwa 72 Seen) habe ich sie bloß in einem einzigen See gefunden, nämlich im Fischsee.

Fam. Macrothricidae.

2. *Macrothrix hirsuticornis* Norm. & Brady var. *groenlandica* Lillj.

Diese Varietät der *Macrothrix hirsuticornis* Norman et Brady ist zuerst von G. O. Sars ¹⁾ und C. Wesenberg-Lund ²⁾ unter dem Namen *Macrothrix arctica* beschrieben worden. In der Arbeit

¹⁾ Sars G. O. Oversigt af Norges Crustaceer (Branchiopoda, Ostracoda, Cirripedia). Christiania Vid. Selsk. Forh., 1890, Nr. 1, S. 44.

²⁾ Wesenberg-Lund C. Grönlands Ferskvandseentomostraca. Phyllopoda branchiopoda et cladocera. Vidensk. Meddelels. fra den naturhist. Foren. i Kjöb. 1894, S. 122, Taf. III, Fig. 12 a—c.

Lilljeborg's „Cladocera Sueciae“ (1901)¹⁾ ist sie jedoch als *var. groenlandica* der Art *M. hirsuticornis* zugeteilt worden. In seiner ersten der oben zitierten Arbeiten führt sie Prof. A. Wierzejski als *Macrothrix hirsuticornis* Norman? an und gibt dort eine kurze Beschreibung derselben samt Abbildung (Seite 17. Taf. II, Fig. 5).

Die Übereinstimmung der Exemplare aus den Tatraseen mit den von Lilljeborg beschriebenen tritt besonders klar in einem Merkmal hervor, es befindet sich nämlich hinter dem Kopf ein deutlicher Absatz. Die Einsenkung hinter dem Kopfe sowie der stumpfe Winkel an der Schalentrennungsstelle fehlen gewöhnlich (Fig. 4).

Die Länge der ♀♀ beträgt 0.5—0.9 mm.

Die ♂♂ dieser Varietät sowie diejenigen von *Macrothrix hirsuticornis* s. str. sind bisher noch von niemand beschrieben worden²⁾, obgleich sie schon Zschokke, Richard, Blanchard und Stingelin bekannt waren³⁾. Ebenso wenig beschrieben wurden die Ehippialweibchen und die Ehipprien⁴⁾.

Das Männchen ist kleiner und schlanker als das Weibchen und besitzt ebenfalls den charakteristischen Absatz hinter dem Kopfe (Fig. 4); die Vorderfüher sind im oberen Teile innen mit einer großen gefiederten Borste versehen. Am unteren Schalenrande befinden sich 19 Gruppen kurz gefiederter, nach allen Seiten gerichteter Stacheln von ungleicher Länge. Jede der ersten 17 Gruppen besteht aus je drei Stacheln, die zwei letzten nur aus je zwei (Fig. 4); neben größeren Stacheln befinden sich kleine Dorne. Die Füße des ersten Paares sind mit je einem großen Haken bewaffnet und ihre Außenäste mit einer langen einseitig gefiederten Borste versehen (Fig. 5). Das Postabdomen ist im großen ganzen ähnlich wie beim Weibchen gestaltet; es hat jederseits am unteren ventralen Ende einen Penisfortsatz, an dessen Spitze das Vas deferens mündet (Fig. 4).

¹⁾ Seite 351.

²⁾ Stingelin Th. Phyllopodes, Catalogue des invertébrés de la Suisse. S. 80. *Macrothrix hirsuticornis* Norman et Brady, 2-te Anmerkung.

³⁾ Zitiert nach Weigold H. Biologische Studien an Lynceodaphniden und Chydoriden, Seite 83. Intern. Revue. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., Bd. III, Biol. Suppl.-Heft 2, 1910.

⁴⁾ Keilhack Ludwig. Die Ehipprien der Macrothriciden. Zweiter Beitrag zur Kenntnis der Süßwasserfauna der Dauphiné-Alpen. Archiv f. Hydrob. u. Planktonk., Bd. IV, 1909, S. 328.

Länge des ♂: 0.48—0.65 mm.

Die Farbe ist gewöhnlich blaß rötlichgelb.

Die Weibchen mit Ephippien zeichnen sich durch die am Rücken abgerundete Rumpfschale aus; bei den Jungfernweibchen dagegen besitzt der Schalenrücken einen deutlichen Kiel.

Die Ephippien des einfachsten Typus enthalten (je nach dem Alter der ♀♀) 1—9 Eier von ziegelbrauner Farbe; die Ephippiumschale ist in der oberen Partie infolge stärkerer Retikulierung verändert, die längsverlaufenden Linien derselben erscheinen nämlich gehoben, was den Eindruck einer Fältelung hervorruft. Eine andere, jedoch sanfter ausgeprägte Skulptur besitzt das innere „Ephippiumkleid“. Die Dauereier selbst besitzen, wie gewöhnlich, doppelte Eimembran: eine äußere, feste und eine innere, dehnbare; die erstere springt auf und fällt schon in einem frühen Entwicklungsstadium des Eies ab, die andere quillt während der Entwicklung allmählich auf und fällt erst dann ab (Fig. 6).

Der Jahreszyklus der Art ist noch nicht genau untersucht worden. Die Dauereier entwickeln sich nach der Winterruheperiode in einigen genauer untersuchten Seen, wie Kurtkowy Gąsienicowy Staw (1687 m ü. d. M.) und Czerwony Gąsienicowy Staw (1704 m ü. d. M.) höchst wahrscheinlich in der ersten Junihälfte.

Männchen habe ich Mitte September gefunden. Die Entwicklung ist monozyklisch.

Macrothrix hirsuticornis var. *groenlandica* ist auf einige kleinere und seichte Seen mit schlammigem Boden beschränkt; nach den Angaben von A. Lityński¹⁾ beherbergen von den 101 untersuchten Tatraseen nur 9 diese Art. Die vertikale Verbreitung erstreckt sich von 1577 bis zu 1960 m ü. d. M.

Copepoda.

Fam. Harpacticidae.

1. *Canthocamptus* Mrázeki nov. sp.

Diese neue *Canthocamptus*-Art, die ich in vielen Tatraseen gefunden habe, erlaube ich mir, nach Prof. Al. Mrázek, dem bekannten Harpacticidenforscher, zu benennen.

¹⁾ Lityński A. Revision der Cladocerenfauna der Tatra-Seen. I. Teil. Daphnidae. Bull. de l'Acad. des Sc. de Cracovie, 1913.

Im Bau der Schwimmpfüße (mit Ausnahme des ersten Paares) und der Furka erinnert diese Art an *Canthocamptus Zschokkei* Schm., doch ist die Ornamentik der Körpersegmente anders.

Der Cephalothorax, nicht viel breiter als das Abdomen, besitzt keine Ornamentik.

Die Bedornung des Abdomens ist verhältnismäßig arm; alle seine Segmente, das letzte ausgenommen, sind kurz ausgezackt.

Das erste Abdominalsegment des Weibchens hat an beiden Seiten etwas über dem Hinterrande eine kurze Reihe von 4—6 großen, weit auseinanderstehenden Dornen; beim Männchen liegen ebensolche Dorne in einer Anzahl von 4—5, jederseits nur dorsal, etwas unterhalb der Segmentmitte.

Die lateralen Dornenreihen des zweiten weiblichen Segmentes greifen mit je 2—3 großen Dornen auf die Ventralseite über; zwischen den Enden derselben liegt eine ununterbrochene Reihe kleiner Dorne. Beim Männchen, dessen zweites Segment dorsal unbedornt ist, verläuft zwischen den lateralen Dornenreihen über die ganze ventrale Seite eine ununterbrochene Reihe großer Dorne (Fig. 10).

Das dritte Segment des Männchens gleicht dem zweiten; beim Weibchen besitzt es ebenso wie das vierte Segment des Männchens lateral nur je zwei große Dorne, meist in Begleitung von zwei bis drei kleineren, dorsalwärts von ihnen gelegenen; zwischen den großen Dornen verläuft über die Ventralseite eine ununterbrochene Reihe kleiner Dorne, während beim Männchen diese Dornenreihe manchmal unterbrochen (Fig. 10) erscheint.

Das letzte Segment besitzt bei beiden Geschlechtern lateral über den Außenrändern der Furka 4—5 allmählich gegen die Ventralseite an Größe abnehmende Dorne. Das Analoperculum trägt beim Weibchen gewöhnlich fünf, beim Männchen vier große, weit ausinandergestellte Dorne.

Die Ornamentik des letzten Segments beim Männchen wie auch die Gestalt und Beborstung der Furka sind aus Fig. 10 ersichtlich.

Die großen Apikalborsten der Furka sind nebeneinander eingelenkt und ihr Längenverhältnis ist wie 2:1. Sie sind mit einer geringeren Zahl von Nebendörnchen besetzt.

Die Schwimmpfüße des ersten Paares haben dreigliedrige Innenäste.

Die Füße des fünften Paares sind in Fig. 7 und 9 abgebildet.

Die Weibchen tragen im Eiballen 8—12 graue Eier.

Der Körper ist schwach gelblichgrau gefärbt.

Größe: ♀ 0.57 mm; ♂ 0.46 mm (ohne die Furkalborsten).

Verbreitung der Art: Csorber See, Morskie Oko (Fischsee), Czarny Staw, Czarny Gąsienicowy Staw, Przedni, Wielki und Czarny Staw im Tale der Fünf Polnischen Seen, Zmarzły Gąsienicowy Staw u. a.

Die vertikale Verbreitung reicht von 1350 bis zu 2019 m ü. d. M.

2. *Canthocamptus* Zschokkei Schm. var. *tatrensis* nov. var¹⁾.

Diese aus den Tatrareisen stammende *Canthocamptus*-Form weist so viele Abweichungen von den Rhtikon-Tieren auf, daß ich mich berechtigt glaube, sie als eine neue Varietät zu betrachten.

In Gestalt und Größe des Körpers gleicht diese Form der typischen.

Die vier ersten Cephalothoraxsegmente besitzen keine Bedornung, wie bei den Rhtk.-Tieren.

Das fünfte Segment des Cephalothorax trägt über dem Hinterrande jederseits eine Dornenreihe, von welcher ein wenig lateralwärts eine bogenförmige Reihe kleiner Dorne liegt. Diese Bedornung fehlt den von Schmeil beschriebenen Rhtk.-Tieren.

Das erste Segment des Abdomens wie auch alle nachfolgenden, das letzte ausgenommen, sind kurz ausgezackt; am ersten Segmente der Rhtk. Tiere bemerken wir keine Zackung.

Die lateralen Dornenreihen über dem Hinterrande des ersten und des zweiten weiblichen wie auch des dritten männlichen Segments greifen auf die Dorsalseite bis zu einem Drittel derselben jederseits über, dagegen bei der typischen Form nur bis zu einem kleinen Teil. Ganz ähnliche Dornenreihen verlaufen am ersten Segmente des Männchens und reichen bis zur Hälfte der Seitenbreite, beim Weibchen bis zu dem unteren Seitenrande; auf die Ventralseite greifen sie nicht über, wie dies bei den Rhtk.-Tieren der Fall ist.

Die Dornenreihe über dem Hinterrande des vorletzten Segments erscheint bei Schmeil's Exemplaren ununterbrochen, dagegen

¹⁾ Eine eingehende Beschreibung dieser Varietät und der zwei hier nicht ganz ausführlich beschriebenen neuen *Canthocamptus*-Arten wird nebst Abbildungen in meiner Arbeit über die Copepoden der Tatrareisen erscheinen.

bemerken wir bei der in Rede stehenden Varietät dorsal beim Männchen eine große, beim Weibchen aber eine kleinere Unterbrechung. Einige mittlere Dorne auf der Ventralseite des Weibchens sind bei der Varietät ebenso wie die benachbarten Dorne klein, dagegen bei den von Schmeil beschriebenen Exemplaren sehr groß.

Das Analoperculum trägt bei der typischer Form 5—7 Zähne beim Weibchen und 3—5 beim Männchen, bei unserer Varietät bloß 3—5 beim Weibchen und 3—4 beim Männchen.

Die Furka besitzt oberhalb der ersten Außenrandborste statt eines Dornes, wie bei Rhtk.-Tieren, zwei solche Dorne nebst einer kleinen Borste.

Die wichtigsten Abweichungen der Schwimmfüße sind folgende:

I. Fußpaar: Die innere lange Borste des mittleren Gliedes des Außenastes ist bei unserer Varietät länger als bei der typischen Form. Das erste Glied des Innenastes besitzt am Innenrande statt einer schwachen eine dornartige Borste; am zweiten Gliede stehen zwei kleine Borsten, und nicht eine wie bei Schmeil's Exemplaren.

II. Fußpaar: Die Außenäste sind denjenigen der Rhtk.-Tiere ähnlich. Das erste Glied des Innenastes ist beim Weibchen nur mit einer Borste bewehrt; bei der typischen Form befinden sich an dieser Stelle zwei sich kreuzende Borsten. Dasselbe Fußpaar ist bei den Männchen der Varietät wie auch bei den Tieren Schmeil's gleich gebaut.

III. Fußpaar. Der Außenast ist beim Weibchen ganz ähnlich wie bei *C. Zschokkei* und wie beim Männchen am vierten Fußpaare beschaffen, doch ist die untere Innenrandborste des letzten Gliedes nicht, wie bei den Rhtk.-Tieren schwach, sondern stark entwickelt.

Während die Innenäste des dritten und des zweiten Fußpaares des Weibchens bei den Rhtk.-Tieren die gleichen Verhältnisse zeigen, sind sie bei den Exemplaren aus der Tatra verschieden, da am Innenrande des zweiten Gliedes neben zwei äußeren Borsten sich zwischen ihnen noch eine dritte befindet, und das erste Glied nur mit einer Borste bewehrt ist. Die beiden Apikalborsten sind bei unserer Varietät länger als bei der typischen Form, und die längste von ihnen überragt die Spitze des letzten Außenastgliedes.

IV. Fußpaar. Am Außenaste ist die obere innere Borste des letzten Gliedes fast zweimal so lang wie bei den Rhtk.-Tieren;

die innere Apikalborste der von Schmeil beschriebenen Tiere ist schwach, bei unserer Varietät dagegen ebenso stark wie die äußere. Der Innenast besitzt am zweiten Gliede beim Weibchen statt einer schwachen, ungefederten eine starke, dornartige Borste. Beim Männchen ist die obere innere Borste des letzten Außenastgliedes viel kleiner als die entsprechende Borste beim Weibchen. Am Endgliede des Innenastes fehlt beim Männchen die innere Randborste; statt einer zarten, ungefederten befindet sich am Ende dieses Gliedes eine gefiederte, dornartige Borste.

V. Fußpaar. Beim Weibchen ist die mittlere der drei inneren Borsten des Basalgliedes am längsten; von den zwei anderen ist die innerste kürzer; dagegen sind bei den Rhtk.-Tieren alle drei Borsten fast gleich lang.

Beim Männchen besitzt das Endglied 2—3 Dorne über den zwei äußeren Borsten und mitunter noch einen kleineren über der langen Borste. Diese Dorne fehlen den Rhtk.-Tieren.

Ich fand *Canthocamptus Zschokkei* var. *tatrensis* bis jetzt nur in einigen Tatraseen, die im nördlichen Teile des Gebirges gelegen sind, wie z. B. Morskie Oko, Czarny Staw, Czarny Gąsienicowy Staw und in einigen der Polnischen Fünf Seen.

Die vertikale Verbreitung der Art reicht von 1404 bis zu 1724 m ü. d. M.

3. *Canthocamptus mirus* nov. sp.

Diese, wie es scheint, in den Tatraseen wenig verbreitete *Canthocamptus*-Art wurde bis jetzt nur im Czarny Staw (1584 m ü. d. M.) in geringer Zahl (2 Paare in copula, 2 ♀♀ und 3 ♂♂) gefunden.

Alle 4 ♀♀ zeigten eine charakteristische Beborstung der Furka; diese entbehrt der langen Apikalborsten, besitzt dagegen am Ende drei kurze kolbenförmige Borsten (Fig. 11). Es liegt hier also ein Fall von Dimorphismus vor, wie ihn bereits C. Vogt im J. 1845 bei seiner *Cyclopsine alpestris* beobachtet hat.

Da *Canthocamptus mirus* vor allem wegen des Fehlens langer Furkalborsten der noch immer problematischen *Cyclopsine alpestris* sehr nahe steht, halte ich es für angezeigt, hier die Ansichten verschiedener Copepoden-Forscher auf die letztere Art kurz zu besprechen.

Seit der Auffindung der *Cyclopsine alpestris* durch Vogt (am 21. VIII. 1842 in einer Lache an den Felsen des Abschwunges,

im Hintergrunde des Aargletschers in einer absoluten Höhe von etwa 8500 Fuß¹⁾ wurde unter den Harpacticiden keine Form mit ähnlicher Furka-Struktur beim Weibchen gefunden. Vogt gibt in seiner Beschreibung an, daß *Cyclopsine alpestris* dem *Canthocamptus (Cyclopsine) staphylinus* am nächsten steht, er hebt jedoch eine ganze Reihe von Unterschieden hervor, die gegen die etwaige Identifizierung der beiden Arten sprechen.

Bis jetzt wurde der *Cyclopsine alpestris* keine bestimmte Stelle im System zugewiesen, weil die Vogt'schen Beschreibungen und Zeichnungen zu diesem Zweck angeblich unzureichend sind. O. Schmeil stellte in seiner klassischen Arbeit über die Copepoden²⁾ in den Anmerkungen zu den Synonymen der Art *Canthocamptus staphylinus* Jurin die Ansichten verschiedener Copepoden-Forscher über die systematische Stellung der Vogt'schen Art zusammen. Einige von diesen Forschern, wie Rehberg, von Daday und Šoštarić identifizieren einfach ohne nähere Begründung *Cyclopsine alpestris* mit *Canthocamptus staphylinus*. Claus hat sich als erster eingehender mit der Vogt'schen Art in seiner Arbeit „Die freilebenden Copepoden“ beschäftigt (S. 121 Anm.). Seiner Ansicht nach sind die Merkmale, durch die Vogt seine Art charakterisiert, „so allgemeiner Natur und die Figuren so ungenau, daß sie für Beurteilung der Art fast ohne Wert sind“. Nach Claus ist die Ausbildung der Vorderantennen bei *Cyclopsine alpestris* ähnlich wie bei *Canthocamptus staphylinus*, und „der Mangel an Schwanzborsten, der das Weibchen auszeichnen soll, reduziert sich offenbar auf ein zufälliges Ausfallen dieser leicht verletzlichen Anhänge“.

Schmeil verwirft die Ansicht von Claus und bemerkt, daß die Vorderantennen bei den in Rede stehenden Arten verschieden sind und das Fehlen der Furkalborsten bei der Vogt'schen Art keinem Zweifel unterliegt, da Vogt sehr viele Exemplare durchgesehen hat und die von ihm veröffentlichten Zeichnungen dieses Merkmal durchaus bestätigen. Nach Schmeil fehlt jeder Grund für die Identifizierung von *Cyclopsine alpestris* mit *Canthocamptus*

¹⁾ C. Vogt: Beiträge zur Naturgeschichte der schweizerischen Crustaceen. S. 17–19. Tafel II. Neue Denkschriften der allg. schweizerischen Gesellschaft für die gesamten Naturwissenschaften. Bd. 7, 1845.

²⁾ O. Schmeil: Deutschlands freilebende Süßwasser-Copepoden. II. Teil. Harpacticidae. Bibliotheca Zoologica. Bd. V, Heft 15, Stuttgart 1893.

staphylinus, und wahrscheinlich gehört die erstere der genannten Arten nicht einmal zu der Gattung *Canthocamptus*. In der letzten Zeit identifizierte E. Wolf (vergl. V. Brehm: „Über die Harpacticiden Mitteleuropas II“, im Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde, Jg. 1913) *Cyclopsine alpestris* mit *Canthocamptus Vejdoskyi*, was ich als unbegründet ansehe. Meiner Ansicht nach wird die Zugehörigkeit der Art *Cyclopsine alpestris* zu der Gattung *Canthocamptus* durch die von Vogt gegebene Beschreibung und seine Zeichnungen hinreichend bewiesen. Die Art steht, wie bereits oben erwähnt wurde, dem *Canthocamptus mirus* nahe, da aber die von Vogt veröffentlichten, bei einer zu schwachen Vergrößerung ausgeführten Zeichnungen die wünschenswerte Genauigkeit vermissen lassen und eine Beschreibung der für die Systematik der *Canthocamptus*-Arten so wichtigen Schwimmfüße der *C. alpestris* fehlt, so kann ich die beiden Arten nicht identifizieren.

Charakteristik des Weibchens.

Der Cephalothorax ist etwas breiter als das Abdomen. Er zeigt, mit Ausnahme des vierten Segments, das dorsal, etwas oberhalb der Mitte zwei mediane, dicht aneinander stehende kurze Reihen kleiner Dorne besitzt, keine Ornamentik.

Das erste Segment des Abdomens besitzt dorsal, unweit vom Hinterrande, eine in der Mitte unterbrochene Dornenreihe, welche lateral bis an die Ventralseite reicht und hier beiderseits im Drittel der Segmentbreite endet. Außerdem befindet sich beiderseits dorsal etwas oberhalb der Segmentmitte eine kurze Reihe kleiner Dorne. Die Unterbrechung der Dornenreihe über dem Hinterrande des zweiten Segments ist breiter als diejenige des ersten; die beiderseitigen Reihen der Dorne gehen ebenfalls über die Segmentseiten auf die Ventralseite über, doch etwas weiter als am ersten Segmente. Die mediane Unterbrechung der ebenso gelegenen Dornenreihe des dritten Segments ist noch größer als am zweiten; die Reihen greifen über die Segmentseiten auf die Ventralseite über und bilden hier eine ununterbrochene Dornenreihe; in der Mitte sind die Dorne bedeutend kleiner (Fig. 11). Das letzte Segment trägt dorsal jederseits eine kurze Dornenreihe (von 3 bis 4 Dornen) dicht über der Furka; diese Dornenreihen laufen über die Segmentseiten auf die Ventralseite über, wo sie eine nahe der Mitte unter-

brochene Dornenreihe bilden; eine kleinere Unterbrechung der Reihe findet noch jederseits, unweit von den Segmentseiten statt. Das große Analoperculum ist mit zahlreichen kleinen Dornen besetzt.

Die Furka hat am Außenrande zwei lange Borsten, neben welchen einige Dorne und kleine Borsten stehen (Fig. 11). An der ventralen Seite derselben, in einer geringen Entfernung vom Rande, verläuft eine bogenförmige Dornenreihe, welche sich auf den Innenrand erstreckt. Auf der dorsalen Fläche befindet sich nur die „geknöpfte Borste“. Die Insertion der drei kolbenförmigen Apikalborsten liegt dorsal und etwas nach innen vom Ende der Furka.

Der Innenast des ersten Schwimmpfußes ist zweigliedrig.

Das fünfte Fußpaar ist in Fig. 12 dargestellt.

Das Weibchen trägt nur zwei Eier im Eiballen.

Größe des ♀ 0.50—0.52 mm.

Über die Färbung läßt sich nach den konservierten Exemplaren nichts aussagen.

Charakteristik des Männchens.

Der Cephalothorax ist im Verhältnis zum Abdomen viel breiter als beim Weibchen; seine drei ersten Segmente weisen keine Ornamentik auf.

Das vierte Segment besitzt unweit vom Hinterrande zwei kurze mediane Reihen kleiner Dorne; seitlich und etwas unterhalb von ihnen befindet sich je eine sehr kurze Reihe von ebenso kleinen Dornen, die lateral nicht übergreifen.

Auf dem fünften Cephalothoraxsegmente liegt jederseits dorsal eine doppelte kurze Reihe kleiner Dorne, von denen die obere sich durch einige Dornen lateral verlängert.

Das erste Abdominalsegment trägt dorsal über dem Hinterrande eine in der Mitte unterbrochene Dornenreihe, die etwa bis zur Hälfte der Segmentseiten reicht. Zwischen den Enden der Dorne liegen zwei kurze Reihen feinsten Dorne. Eine ebenso unterbrochene dorsale Dornenreihe des zweiten und des dritten Segments greift jederseits über die Segmentseiten auf die Ventralseite über und bildet hier eine ununterbrochene Dornenreihe. Die unterbrochene dorsale Dornenreihe beginnt am vierten Segmente jederseits mehr lateralwärts als an den vorigen und erstreckt sich ununterbrochen über die Ventralseite. Die Bedornung des letzten Segments

des Männchens ist die gleiche wie beim Weibchen. Das Analoperculum ist mit ungefähr 17 kleinen Dornen besetzt.

Die Furka des Männchens ist nach ihrer Gestalt der weiblichen ähnlich, unterscheidet sich aber von derselben dadurch, daß sie lange Apikal- wie auch lange Innenborsten besitzt; ein anderer Unterschied besteht darin, daß die bogenförmigen Dornenreihen der Ventralseite kürzer sind und mit einigen Dornen auf die dorsale Seite übergehen. Die Apikalborsten sind nebeneinander eingelenkt und verhalten sich hinsichtlich ihrer Länge wie 8:3.

Das fünfte Fußpaar des Männchens ist in Fig. 8 abgebildet.

Größe ♂ 0.42 mm.

4. *Canthocamptus Hoferi* Douwe.

Diese im Jahre 1907 zuerst von Carl van Douwe¹⁾ im Bodenseelitorale nur in einem weiblichen Exemplare entdeckte und beschriebene Art habe ich im Winter 1910 im Morskie Oko aufgefunden und als *Canthocamptus Hoferi* mit einem Fragezeichen bezeichnet²⁾, da ich einige Abweichungen in der Bedornung der Körpersegmente bemerkte.

Im Jahre 1913 hat Dr. V. Brehm³⁾ dieselbe Art im Attersee in Salzkammergut gefunden (nach einer freundlichen brieflichen Mitteilung ebenfalls nur in einem einzigen Exemplare).

In den Jahren 1912 u. 1913 habe ich *Canthocamptus Hoferi* in einigen anderen Tatraseen (im Ciemnosmreczyński Staw, Teryański Staw, Batyzowiecki Staw, Ważecki Staw), und zwar in mehreren Exemplaren, sowohl Weibchen als auch Männchen (die bis jetzt noch nicht bekannt waren) gefunden.

Die Verbreitung der Art reicht von 1404 bis zu 2026 m. ü. d. M.

Eine genauere Beschreibung der Männchen und der Abweichungen im Bau der Weibchen wird an anderer Stelle erfolgen.

¹⁾ Douwe C. v. Zur Kenntnis der Süßwasser-Copepoden Deutschlands. Zool. Anz., Bd. XXXII, 1908.

²⁾ Minkiewicz S. Die Winterfauna dreier Tatra-Seen. Bull. de l'Acad. des Sc. de Cracovie 1912.

³⁾ Brehm V. Über die Harpacticiden Mitteleuropas. II. Teil, Seite 585. Arch. f. Hydrob. u. Planktonk., Bd. VIII, 1913.

5. *Canthocamptus* van Douwei Keßler.

Diese von E. Keßler im Riesengebirge entdeckte und im März d. J.¹⁾ beschriebene Art fand ich in einigen Individuen in zwei Tatraseen (in Proben vom Herbst 1913): im Czarny Gąsienicowy Staw (1620 m ü. d. M.) und Zadni Gąsienicowy Staw (1837 m ü. d. M.).

Zurzeit habe ich nur einen Unterschied in der Zahl der Dorne an dem Analoperculum bemerkt.

Ob noch andere Unterschiede bestehen, kann ich vorläufig nicht angeben. In der nächsten Arbeit will ich über die Details im Bau bei dieser Art genauer berichten.

Vorliegende Arbeit wurde in dem Zootomischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule Dublany ausgeführt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, dem Leiter desselben, Herrn Prof. Dr. M. Kowalewski, für die Überlassung der Hilfsmittel wie auch für sein Interesse an dieser Arbeit meinen besten Dank auszusprechen.

Erklärung der Abbildungen²⁾.

TAFEL 6.

Bosmina longirostris forma tatrensis form. nov.

Fig. 1. Männchen. $\times 209$.

Fig. 2. Der linke Fuß des ersten Paares des Männchens (von außen). $\times 405$.

Fig. 3. Dauereiweibchen. $\times 145$.

Macrothrix hirsuticornis var. *groenlandica* Lilljb.

Fig. 4. Männchen. $\times 145$.

Fig. 5. Der linke Fuß des ersten Paares des Männchens (von außen). $\times 405$.

Fig. 6. Ephippium mit drei Eiern, von welchen eines in Entwicklung begriffen ist. Die größeren Stacheln des unteren Schalenrandes sind nicht abgebildet. $\times 145$.

Canthocamptus Mrázeki nov. sp.

Fig. 7. Das V. Fußpaar des Männchens. $\times 582.2$.

Canthocamptus mirus n. sp.

Fig. 8. Das V. Fußpaar des Männchens. $\times 582.2$.

¹⁾ Keßler E. Zwei neue *Canthocamptus*-Arten aus dem Riesengebirge. Zool. Anz., Bd. XLIII, N. 13 vom 17. März 1914.

²⁾ Die Vergrößerungsangaben beziehen sich auf Objektive und Okulare von Zeiß. Alle Figuren sind mit Hilfe des Abbe'schen Zeichenapparates entworfen. Die Figuren 3, 4 und 10 sind nach lebenden Exemplaren gezeichnet.

TAFEL 7.

Canthocamptus Mrázeki nov. sp.

Fig. 9. Das V. Fußpaar des Weibchens. $\times 405$.

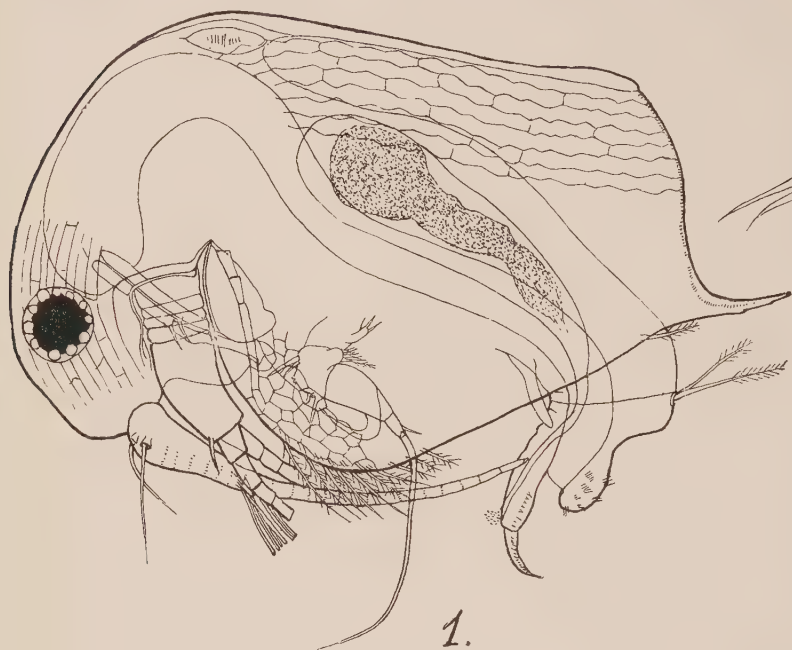
Fig. 10. Das III., IV. und V. Segment des Abdomens und die Furka des Männchens, ventrale Seite. $\times 582.2$.

Canthocamptus mirus nov. sp.

Fig. 11. Das III. und IV. Segment des Abdomens des Weibchens und die Furka, ventrale Seite. $\times 582.2$.

Fig. 12. Das V. Fußpaar des Weibchens. $\times 405$.





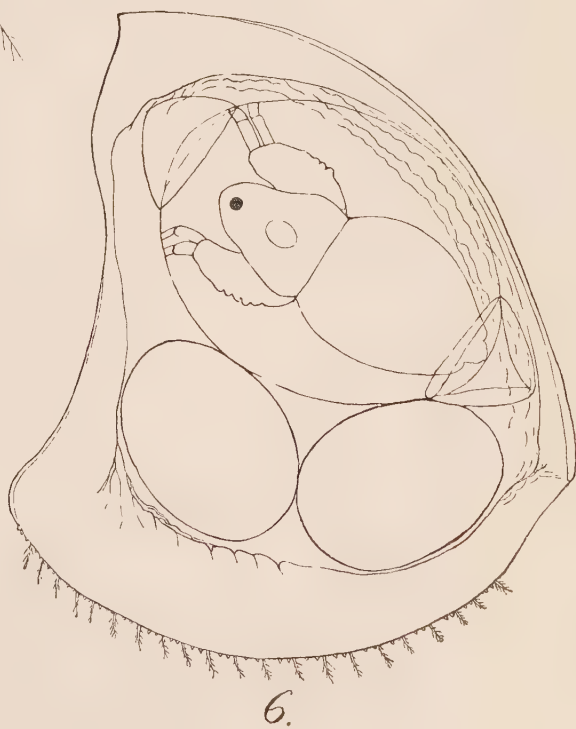
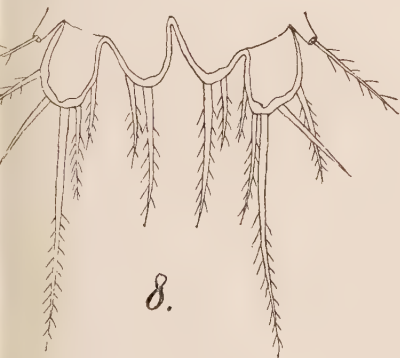
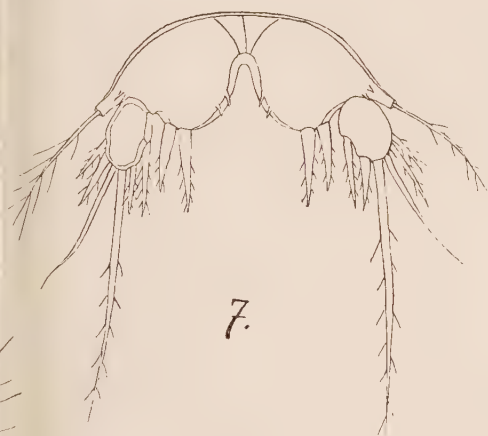
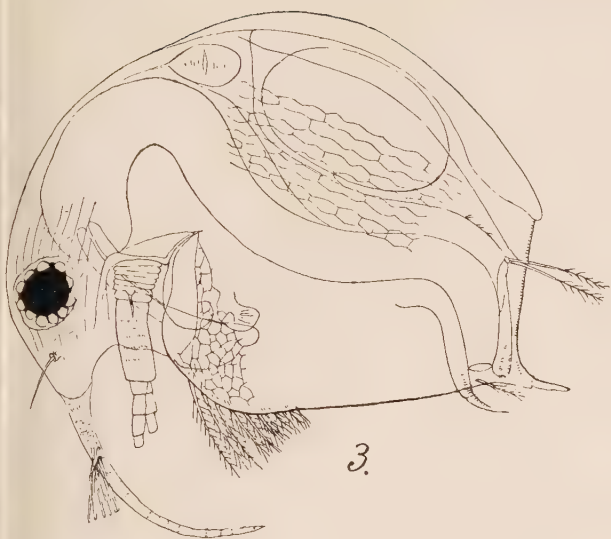
1.



2.



4.





Jony wodorowe i czynność wydzielnicza trzustki. — Wasserstoffionen und die Sekretion des Pankreassaftes.

Note

de M. L. POPIELSKI,

présentée, dans la séance du 3 Avril 1916, par M. L. Marchlewski m. t.

Es ist eine allgemein bekannte Tatsache, daß unter dem Einflusse der direkt in das Duodenum eingeführten Salzsäure Sekretion des Pankreassaftes erfolgt. Diese Eigenschaft besitzen alle anorganischen und organischen, in Wasser löslichen und unlöslichen Säuren, z. B. die Oleinsäure. Die Sekretion erfolgt auch unter dem Einflusse der Natronlauge (0.5% NaOH) und der Seifen (1%—10%). Auf Grund dieser Tatsachen habe ich die Ansicht ausgesprochen, daß diejenigen Körper, welche die Eigenschaft besitzen, die sensiblen Nervenendigungen zu reizen, Sekretion des Pankreassaftes hervorrufen. Dagegen sind neutrale, die sensiblen Nervenendigungen nicht reizende Körper auf die Sekretion ohne Einfluß. Dieser Schluß findet darin seine Stütze, daß solche Körper wie z. B. destilliertes und zwecks Entfernung von CO₂ ausgekochtes Wasser keine Sekretion hervorrufen. Desgleichen bleiben vollkommen neutralisierte Fette auf die Sekretion wirkungslos.

Wenn man Salzsäure von gegebener Konzentration mittels Lauge neutralisiert, verringert sich die Sekretion des Saftes allmählich und hört endlich gänzlich auf, wenn die Säure vollständig neutralisiert worden ist. Da das Neutralisieren auf Abschwächung bzw. Aufhebung der Azidität beruht, könnte man meinen, daß die Sekretion des Saftes durch den Aziditätsgrad bedingt wird. Diese Annahme wäre aber irrtümlich.

Die Einführung von reinem Magensaft in das Duodenum ruft eine ausgiebige Sekretion des Pankreassaftes hervor. Wenn man aber zu dem Magensaft Kasein hinzufügt und, nachdem dieses verdaut worden ist, den Saft in das Duodenum einführt, erfolgt zwar eine Sekretion des Pankreassaftes, doch in einem viel geringeren Grade, obwohl die Azidität des Magensaftes die gleiche geblieben ist. Es ist demnach der Aziditätsgrad nicht die Ursache der Sekretion.

Wenn man nach Veränderungen sucht, welche in dem Magensaft nach Hinzufügung des Kaseins oder eines anderen Eiweißkörpers auftreten, dann finden wir:

1) daß dabei neue Körper, nämlich Peptone, Albumosen, Azidalbumine auftreten;

2) daß die Menge der freien Salzsäure abnimmt.

Wovon hängt es nun ab, daß nach Einführung dieser Mischung in das Duodenum nur eine geringe Sekretion des Pankreassaftes erfolgt: von diesen neu entstandenen Körpern, oder davon, daß keine freie Salzsäure (mit Kongo) vorhanden ist?

Azidalbumine, Peptone und Albumosen rufen, wenn man sie allein in das Duodenum einführt, keine Sekretion hervor. Ebenso wenig beobachten wir eine Sekretion nach Einführung von 500 cm³ einer 5%-igen, zwecks Entfernung von CO₂ ausgekochten Lösung von Pepton Witte (Verdaunungsprodukt des Fibrins durch den Magensaft). Man muß demnach annehmen, daß die Verminderung der Sekretion durch die geringere Menge von freier Säure, welche als Sekretionserreger des Pankreassaftes anzusehen ist, bedingt wird.

Die in das Duodenum eingeführte Salzsäure bewirkt ungefähr während einer halben Stunde die Absonderung des Pankreassaftes. Warum hört die Sekretion auf? Um dies zu entscheiden, führte ich in das Duodenum zwischen zwei Ligaturen, eine oben und eine unten angelegte, 40 cm³ $\frac{N}{10}$ HCl ein. Nachdem die Sekretion des Pankreassaftes beendet war, fand ich im Darne an der unteren Unterbindungsstelle ungefähr 4—5 cm³ Flüssigkeit, die mit Lackmus stark sauer, mit Kongo und Tropäolin aber neutral reagierte, d. h. ohne Salzsäure war. Daraus schien sich zu ergeben, daß bei der Sekretion des Pankreassaftes unter dem Einflusse von Säuren die Wasserstoffionen derselben wirken.

Um diese Frage klarzustellen, führte ich an Hunden eine Reihe

von Versuchen in akuter und chronischer Form aus, bei denen ich nach Einführung von reinen oder mit Produkten der Eiweißverdauung vermischten Säuren in das Duodenum die Menge des ausgeschiedenen Pankreassaftes bestimmte. Zum Binden der Säuren gebrauchte ich Pepton Witte (= P. W.) in genau bestimmter Menge. Die meisten Versuche führte ich an s. g. chronischen Hunden mit drei Fisteln: mit Magen-, Duodenal- und Pankreasfistel aus. Die Duodenalfistel diente 1) zur Einführung der zu untersuchenden Flüssigkeiten, 2) zur Einführung eines Katheters mit einem Ballon, welcher aufgeblasen, den Eingang in den Magen sperrte. Die Magenfistel diente zur Kontrolle, ob sich die eingeführte Flüssigkeit nicht in den Magen ergieße. Am bequemsten ist es, alle drei Fisteln gleichzeitig anzulegen. Die Hunde leben nach dieser Operation ungefähr 2—3 Wochen, was genügt, um eine gewisse Reihe von Versuchen auszuführen. In den Untersuchungen benutzte ich acht Säuren in dezinormalen Lösungen: Salzsäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Oxalsäure, Essigsäure, Milchsäure, Weinsäure und Zitronensäure.

Es zeigte sich nun, daß alle Säuren, sowohl die anorganischen als auch die organischen, nach Hinzufügung von P. W. die Pankreassekretion deutlich vermindern im Vergleich zu ihren dezinormalen Lösungen, und zwar in einem festen Verhältnis je nach der Art der Säure.

Für die Salzsäure	ist dieses Verhältnis = 1:4,
" " Schwefelsäure	" " " 1:5,
" " Milchsäure	" " " 1:10,
" " Phosphorsäure	" " " 1:10,
" " Weinsäure	" " " 1:2,
" " Oxalsäure	" " " 1:1.6,
" " Essigsäure	" " " 1:1.2.

Die Ursache dieser Verminderung könnte gesucht werden: 1) in einer hemmenden Wirkung des P. W. auf die Pankreassekretion; diese Vermutung stützt sich auf die von mir gemachte Entdeckung sekretionshemmender Nerven des Pankreas, 2) in der Bedeckung der Schleimhaut mit klebrigen Albumosen, die eine Wirkung der eingeführten Säuren auf die Schleimhaut hindern, 3) in einer Verminderung der Wasserstoffionen, die durch Eiweißverdauungsprodukte (Albumose, Peptone) gebunden werden.

Die erste Vermutung erwies sich als hinfällig, weil P. W. sogar in 20%-iger Lösung die einmal eingeleitete Sekretion nicht hemmt. Die zweite kommt deshalb nicht in Betracht, weil bei Essigsäure sogar nach Hinzufügung von großen Mengen von P. W. die Sekretion nicht viel geringer erscheint als bei Anwendung von dezinormaler Essigsäure. Man darf hier zwar nicht übersehen, daß die Essigsäure ein flüchtiger Körper ist, der durch die Schichte der klebrigen Albumosen zur Schleimhaut gelangen könnte; allein es ruft auch die ganz unflüchtige Oxalsäure nach Hinzufügung von P. W. ebenfalls eine nur ganz wenig verminderte Sekretion im Vergleich mit dezinormalen reinen Lösungen. Es bleibt also die dritte Vermutung übrig. In der Tat zeigten die Messungen der elektromotorischen Kraft ($= E$), die im Laboratorium für physikalische Chemie von Prof. Dr. Tolłoczko (Lemberg) ausgeführt wurden, eine bedeutende Verminderung der Wasserstoffionenkonzentration in den dezinormalen Lösungen nach Hinzufügung von 12·5 P. W.

Diese Messungen wurden an reinen, dezinormalen Lösungen der Säuren ausgeführt. Die E bestimmte man mit Hilfe einer Gaskette im Vergleich mit einer normalen Wasserstoffelektrode. Der Gehalt an Wasserstoffionen bei dieser eben genannten Elektrode dient sozusagen als Maßstab zum Vergleich für die Bestimmung der Wasserstoffionen bei der zweiten Elektrode, welche in die zu untersuchende Flüssigkeit getaucht ist. Die E ist gleich der Differenz der Potentiale beider Elektroden, und diese wird um so größer sein, je größer die Differenz im Gehalt von Wasserstoffionen beider Elektroden ist. Da der Gehalt an Wasserstoffionen bei der Wasserstoffelektrode ein ständiger ist, so ist E als Potenzialdifferenz um so größer, je kleiner der Gehalt an Wasserstoffionen in der zu untersuchenden Flüssigkeit ist. Infolgedessen stehen beide Zahlen, d. h. E und die Zahl der Wasserstoffionen im umgekehrten Verhältnis zueinander.

Die an einem und demselben Hunde unternommenen Versuche bestätigten die dritte von den oben erwähnten Annahmen. Um die in diesen Untersuchungen erzielten Resultate miteinander vergleichbar zu machen, mußte man in das Duodenum nicht nur gleiche Mengen von Flüssigkeit einführen, sondern auch innerhalb ganz gleicher Zeitdauer; auch die Temperatur der Flüssigkeit soll wo möglich die gleiche sein.

Die Genauigkeit der Zahlen für die Menge des ausgeschiedenen Pankreassaftes schwankt nach den Ergebnissen speziell angestellter

Untersuchungen innerhalb folgender Grenzen: bis zu 10 cm³ innerhalb 0·5 cm³; zwischen 10 und 20 cm³ innerhalb 1·0; zwischen 20 und 25 cm³ innerhalb 1·5—2·0 cm³.

In Tabelle I sind die Säuren der Reihe nach so angeführt, wie sich ihre E vermindert. Wir sehen, daß die Menge des Pankreassaftes in derselben Reihenfolge steigt. Aus der Tabelle II geht hervor, daß die Menge des ausgeschiedenen Pankreassaftes im umgekehrten Verhältnis steht zu E, also im direkten Verhältnis zu der Wasserstoffionenkonzentration.

Tab. I.

				E	Pankreassaft in cm ³
1)	100 cm ³ Phosphorsäure	$\frac{N}{10}$	+ 12·5 P. W.	0·4588	1·6
2)	" Milchsäure	"	" "	0·4151	1·5
3)	" Oxalsäure	"	" "	0·3775	7·7
4)	" Salzsäure	"	" "	0·3134	8·4
5)	" Essigsäure	"	" "	0·2777	10·0

Einen weiteren Beweis für die Bedeutung der Wasserstoffionen bietet Tab. II, welche für die dezinormalen Säuren die Größen E und die Mengen des ausgeschiedenen Pankreassaftes angibt. Man ersieht aus dieser Tabelle, daß die Ausscheidung des Pankreassaftes unter der Einwirkung dezinormaler Säuren in derselben Reihenfolge sinkt, wie E wächst, folglich auch, wie die Zahl der in den Säuren vorhandenen Wasserstoffionen sinkt.

Tab. II.

Dezinormale Säure	E	Pankreassaft in cm ³
1) Salzsäure	0·0691	22·5
2) Oxalsäure	0·0975	16·10
3) Phosphorsäure	0·1258	16·70
4) Milchsäure	0·1481	16·00
5) Essigsäure	0·1683	12·00

Aus diesen Untersuchungen sehen wir also, daß die Veränderungen im Verlaufe von physiologischen Erscheinungen, in unserem Falle Veränderungen in der Absonderung des Pankreassaftes, eng verbunden sind mit den Veränderungen in den physiko-chemischen

Eigenschaften der Säuren. Als maßgebend für die Ausscheidung des Pankreassaftes unter der Einwirkung der Säuren erweist sich das Vorhandensein von Wasserstoffionen in den letzteren.

In ähnlicher Weise wie Säuren wirken auch Laugen und alkalische Seifen. Wahrscheinlich sind dabei die Hydroxylionen (HO) tätig.

Aus dem Institut für experimentelle Pharmakologie der Universität Lemberg.

*Przyczynek do dokładniejszej znajomości skąposzczeta:
Amphichaeta leydigi (Tauber 1879) M. Kowalewski
1910. — A contribution to the knowledge of the Oligo-
chaet: Amphichaeta leydigi (Tauber 1879) M. Kowa-
lewski 1910.*

Note

de **M. M. KOWALEWSKI**,

présentée, dans la séance du 3 Avril 1916, par M. M. Siedlecki m. e.

In a paper under the above title, published in Vol. LVI of the Transactions (*Rozprawy*) of the Math. and Nat. Sc. Class of the Academy of Science, Cracow, the author gives a detailed description of *Amphichaeta leydigi*, a little representative of the family *Chaetogastridae*, found by him and mentioned as long ago as 1910¹⁾. The paper is divided in three parts. In the first, the author explains the anatomy of the animal; in the second he adduces some biological data, in the third he gives diagnoses of the genus *Amphichaeta* and its both species, as known at present: *A. leydigi* and *A. sannio*²⁾. These diagnoses which are cited further in extenso, and the accompanying figures³⁾, give a satisfactory idea of the more important details relating to the species *A. leydigi* and of the differences existing between it and the other aforesaid allied species;

¹⁾ M. Kowalewski. Materiały do fauny polskich skąposzczetów wodnych (*Oligochaeta aquatica*). Część I. Sprawozd. Kom. fizyogr. Akad. Um. w Krakowie, T. XLV, 1911; p. 58.

— Materials for the Fauna of Polish Aquatic Oligochaeta. Part I. Bull. de l'Acad. d. Sc. de Cracovie, Cl. Sc. Math.-Nat., Sér. B, Sc. Nat., 1910, p. 804.

²⁾ E. Kallstenius. Eine neue Art der Oligochaetengattung *Amphichaeta* Tauber. Biolog. Fören. Förhandl., IV, 1892, p. 42—45, fig. 1—5.

³⁾ made from conserved specimens.

hence no abstract of the two first parts of the paper need be given here. It may be of use however to remark that the atrium in *A. leydigi* is internally ciliated.

Amphichaeta Tauber 1879.

Prostomium evolutum, turbinatum. Segmentum II setis ventralibus solum, insequentia omnia ventralibus et dorsualibus instructa. Tubi digestorii pars ventricularis dilatata prima ut insequentes cellulis chloragogeneis tecta. Trunci nervosi ventrales per totam lon-

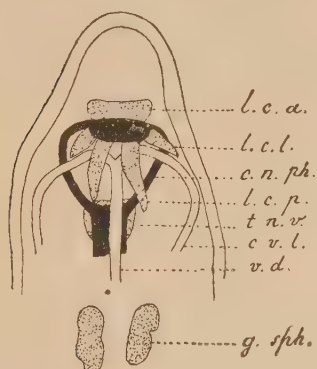


Fig. 1 (x 232)

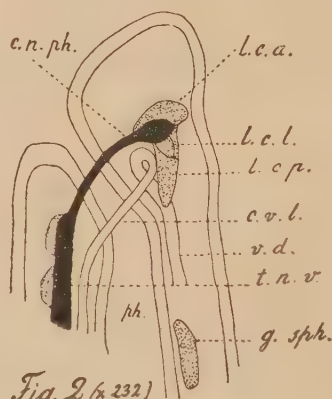


Fig. 2 (x 232)

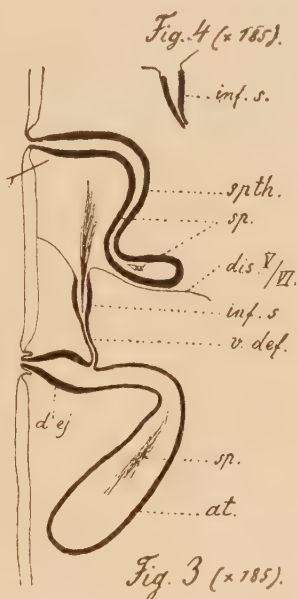
gitudinem inter se confusi. Dissepimentum III/IV supra oesophagum impressum sacculum retro directum format. Vas deferens brevissimum. Atrium magnum. Sacculi: spermaticus et ovaricus singuli modo, retro longe producti. Post clitelli evolutionem setae ventrales segmenti VI-i omnino evanescent.

Bestiolae staturâ parvâ, aquas dulces vel marinas parum salsas incolentes.

Amphichaeta leydigi (Tauber 1879) M. Kowalewski 1910.

Segmentum II setis quaternis in fasciculis (ventralibus), segmentum III setis quinis in fasciculis dorsualibus et quaternis in ventralibus, IV et V setis binis, VI ceteraque quaternis in fasciculis utriusque generis instructa. Ansaе anticae laterales vasorum sanguiferorum anteriora versus ad cerebrum solum pertinentes. Nephridia plerumque per paria in segmentis disposita, rarius singula, tota in partibus lateralibus corporis sita; eorum ductus externi in

parte nephridii postremâ initium capiunt et ostio ad ipsos fasciculos setarum ventrales ante sito finiuntur. Ganglia supraesophagealia a cerebro insigniter remota, fere supra medium pharyngis sita. Infundibulum seminale altum, formâ ordinariâ, ostio lato. Atrium pulchre ovoideum, collo angustiore, sensim in ductum ejaculatorium,



qui brevis est, abeunt. Spermatheca formam tubuli longissimi, vesiculâ oblongâ terminati habet.

Longitudo maxima exemplorum singulorum 1.7 mm, catenarum 4 mm.

Pleraque exempla matura inter diem 15-am Martii et 15-am Aprilis inveniuntur.

Species haec algis parvis, protozois, rotatoriis vescitur.

Ad hoc tempus inventa est haec species in rivulo Ladegaard-saaen, aquam dulcem vehenti, prope Hafniam (Kjøbenhavn) et in stagnis compluribus pagi Dublany prope Leopolim in Poloniâ.

Amphichaeta sannio Kallstenius 1892.

Segmenta II et III setis quaternis, reliqua omnia setis ternis in fasciculo quoque instructa. Ansaе anticae laterales vasorum san-

guiniferorum anteriora versus longe pone cerebrum productae. Nephridia in segmentis plerumque singula, rarius bina, inter se in massulam vas dorsuale undique amplexentem confusa; eorum ductus externi in mediâ parte nephridii initium capiunt et ostio a setis ventralibus insigniter remoto finiuntur. Ganglia supraesophagealia prope cerebrum sita. Atrium globosum.

Exempla matura plurima mense Octobri inveniuntur.

Victui unice diatomaceae sunt.

Ad hoc tempus species haec in sinibus parvis Maris Baltici prope Westerwik in Sueciâ inventa est.

Przyczynki do chemii biologicznej fosforu, II. — Beiträge zur Biochemie des Phosphors, II.

Mémoire

de M. F. **ROGOZIŃSKI**,

présenté, dans la séance du 1 Mai 1916, par M. E. Godlewski père, m. t.

III. Natur der anorganischen Phosphate in einigen Pflanzensamen.

In einer früheren Mitteilung (1) habe ich gezeigt, daß die anorganische Phosphorsäure sowohl in Weizenkleie wie im Weizenkorn in wasserlöslicher Form enthalten ist.

Wässerige Auszüge aus dem genannten Material enthalten ebensoviel, ja sogar etwas mehr anorganische Phosphorsäure als essigsäure Auszüge. Schon damals habe ich die Vermutung ausgesprochen, daß dieses Verhalten der Phosphate im Weizenkorn keineswegs einen Ausnahmefall bildet, sondern „daß die gleichen Verhältnisse vielmehr auch für manche andere Samen gelten“. Die folgende Untersuchung soll die Richtigkeit dieser Vermutung beweisen.

Zur Untersuchung wurden folgende Pflanzensamen verwendet: Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Mais, Reis (ungeschält), Hirse, Linsen, Pferdebohnen, Lupinen, Erbsen (gelbe), Hanfsamen (entfettet), Rapsamen (entfettet), Rizinussamen (entfettet) und schließlich Weizenstroh.

Die Untersuchung wurde, wie folgt, geführt: Die Pflanzensamen wurden in lufttrockenem Zustande und feingemahlen untersucht. Die ölführenden Samen wurden zunächst durch erschöpfende Extraktion mit Äther im Soxhlet'schen Apparat entfettet und sodann durch längeres Liegenlassen an der Luft lufttrocken gemacht. Je 10 g Material wurden mit 250 cm³ 1%-iger Essigsäure bzw. destilliertem Wasser ausgezogen. Die Extraktion dauerte jedesmal

45 Minuten, unter fortwährender mechanischer Rührung. Nach einigem Absitzen (15 Minuten) wurden die Auszüge durch Faltenfilter filtriert.

Von dem essigsauren Auszug wurden zwei Proben zu je 50 cm³ in Erlenmeyer-Kolben abgemessen. Jede Probe wurde mit 10 cm³ Salpetersäure vom sp. G. 1·2 versetzt, bis zum Blasenwerfen erwärmt und durch 50 cm³ gewöhnliches Molybdän-Reagens gefällt. Der entstandene voluminöse, flockige, gelbe Niederschlag wurde 24 Stunden lang stehen gelassen, die Flüssigkeit durch ein Filter dekantiert, der Niederschlag im Kolben einmal mit 1%-iger Salpetersäure gewaschen, sodann in 2%-igem Ammoniak gelöst und die Lösung filtriert. Die Lösung wurde sodann nach Zusatz von etwas Ammoniumchlorid mit Magnesiamischung gefällt. Der auf dem Filter gesammelte Niederschlag wurde mit 2%-igem Ammoniak ausgewaschen, in 40 cm³ siedender 1%-iger Salpetersäure auf dem Filter gelöst, die Lösung in einem Erlenmeyer-Kolben gesammelt, mit 10 cm³ Salpetersäure vom sp. G. 1·2 versetzt, bis zum Blasenwerfen erwärmt und mit Molybdän-Reagens nach Neubauer-Lorenz gefällt. Die Bestimmung der Phosphorsäure geschah durch Wägung des Phosphormolybdän-Niederschlags nach der Methode von Neubauer-Lorenz (2).

Die wässerigen Auszüge aus den Pflanzensamen enthielten fast in allen Fällen durch verdünnte Essigsäure fällbare Eiweißkörper in Lösung. Bei direkter Verwendung dieser Auszüge zur Bestimmung von anorganischer Phosphorsäure nach dem oben beschriebenen Verfahren könnte man befürchten, daß eventuell die angewandte Salpetersäure eine Abspaltung von Phosphorsäure aus Eiweiß bewirken könnte, wodurch der scheinbare Gehalt des Auszuges an anorganischen Phosphaten erhöht würde. Um dies zu verhüten, wurden die wässerigen Auszüge vor der Phosphatbestimmung stets auf den Gehalt von 1% Essigsäure gebracht und der dabei ausgefällte Eiweißniederschlag durch Filtration entfernt. Es wurden zu diesem Zwecke in der Regel 100 cm³ wässriger Auszug in einen 150 cm³-Kolben gebracht, etwa 40 cm³ Wasser zugegeben, mit 1·5 cm³ Eisessig versetzt und mit Wasser bis zur Marke gefüllt. Nach gründlichem Durchmischen und Absitzen des entstandenen Niederschlags wurde filtriert, in zwei Proben des Filtrats zu je 50 cm³ die Phosphatbestimmung, wie oben beschrieben, ausgeführt und auf den ursprünglichen Auszug umgerechnet. Die wässerigen Auszüge aus

einigen Leguminosensamen (Linsen, Erbsen, Pferdebohnen) filtrieren äußerst schwer und langsam. Um in diesen Fällen die Filtration nicht zu sehr in die Länge zu ziehen und damit nicht Gelegenheit zur enzymatischen Abspaltung anorganischer Phosphorsäure zu geben, wurden aus diesen Auszügen zur Untersuchung nur je 50 cm³ genommen, in einen 110 cm³-Kolben gebracht, mit 1·1 cm³ Eisessig gefällt, zur Marke mit Wasser gefüllt und filtriert. Von dem Filtrate wurden zwei Proben zu je 50 cm³ zur Phosphatbestimmung verwendet. Die Umrechnung auf den ursprünglichen Auszug geschah in entsprechender Weise.

Die Resultate der Untersuchung sind in der folgenden Tabelle I (S. 84) zusammengestellt, wobei die Zahlen stets die Menge der anorganischen Phosphorsäure in Grammen in 10 g des untersuchten lufttrockenen Materials bedeuten.

Diese Zusammenstellung wird übersichtlicher, wenn wir die Mengen der Phosphorsäure in wässrigen Auszügen im Verhältnis zu den Mengen derselben in essigsauren Auszügen ausdrücken. Wird die Menge der anorganischen Phosphorsäure der essigsauren Auszüge in allen Fällen gleich 100 gesetzt, so werden die Mengen der anorganischen Phosphorsäure in wässrigen Auszügen durch folgende Zahlenreihe ausgedrückt.

TABELLE II.

1. Weizen	111·5	9. Pferdebohnen	98·3
2. Roggen	212·1	10. Erbsen	93·3
3. Gerste	141·7	11. Lupinen	116·6
4. Hafer	83·7	12. Hanfsamen	75·9
5. Reis	110·6	13. Rapssamen	103·7
6. Mais	101·2	14. Rizinussamen	46·4
7. Hirse	91·9	15. Weizenstroh	98·1
8. Linsen	91·6		

Wie aus dieser Zusammenstellung ersichtlich, tritt in sieben der untersuchten Fälle mehr anorganische Phosphorsäure in essigsauren Auszügen, in sieben anderen dagegen mehr in wässrigen Auszügen auf. Im Weizenstroh sind beide Mengen praktisch gleich. Die Unterschiede sind bei einigen Samen unbedeutend (Mais, Pferdebohnen, Raps), in einzelnen Fällen dagegen, wie bei Roggen, Gerste, Hanfsamen, Rizinus, erreichen sie ganz bedeutende Werte. Es tritt

TABELLE I.

Nummer	Ausgangsmaterial	Anorganische Phosphorsäure in g	
		Essigsaurer Auszug	Wässriger Auszug
1	Weizen	0·0078 } 0·0078 0·0077 }	0·0086 } 0·0087 0·0087 }
2	Roggen	0·0116 } 0·0116 0·0115 }	0·0245 } 0·0246 0·0246 }
3	Gerste	0·0084 } 0·0084 0·0084 }	0·0119 } 0·0119 0·0118 }
4	Hafer (nacktes Korn) . .	0·0092 } 0·0092 0·0091 }	0·0076 } 0·0077 0·0078 }
5	Reis (ungeschält)	0·0062 } 0·0062 0·0061 }	0·0067 } 0·0067 0·0066 }
6	Mais	0·0082 } 0·0082 0·0082 }	0·0083 } 0·0083 0·0083 }
7	Hirse	0·0037 } 0·0037 0·0037 }	0·0034 } 0·0034 0·0033 }
8	Linsen	0·0143 } 0·0143 0·0142 }	0·0129 } 0·0131 0·0132 }
9	Pferdebohnen	0·0117 } 0·0118 0·0118 }	0·0116 } 0·0116 0·0115 }
10	Gelbe Erbsen	0·0089 } 0·0089 0·0088 }	0·0083 } 0·0083 0·0083 }
11	Gelbe Lupinen	0·0161 } 0·0163 0·0165 }	0·0189 } 0·0190 0·0190 }
12	Hanfsamen, entfettet . .	0·0283 } 0·0282 0·0281 }	0·0214 } 0·0214 0·0214 }
13	Rapssamen „ . .	0·0266 } 0·0270 0·0273 }	0·0277 } 0·0280 0·0282 }
14	Rizinussamen „ . .	0·0367 } 0·0371 0·0374 }	0·0171 } 0·0172 0·0173 }
15	Weizenstroh	0·0153 } 0·0154 0·0154 }	0·0150 } 0·0151 0·0152 }

dabei keine Abhängigkeit von der Art der untersuchten Samen auf. Sowohl bei Gramineen wie Leguminosen wie schließlich bei den ölführenden Samen finden wir die beiden Möglichkeiten vertreten.

Was nun die Erklärung dieser Mengenunterschiede der anorganischen Phosphorsäure in wässerigen und essigsauen Auszügen anbelangt, so wäre folgendes zu bemerken. Wo die beiden Mengen ungefähr gleich sind, wie bei Mais, Pferdebohnen, Raps und auffallenderweise auch beim Weizenstroh, wird wohl die einfachste Erklärung die sein, daß hier anorganische Phosphorsäure in Form von wasserlöslichen Phosphaten, also Alkali-Phosphaten enthalten ist. Tritt dagegen im essigsauen Auszug mehr Phosphat als im wässerigen auf, wie dies am ausgesprochensten bei Rizinus und Hanf der Fall ist, so wird man annehmen müssen, daß hier ein bedeutender Teil der anorganischen Phosphorsäure in Form von wasserunlöslichen Phosphaten, also Erdalkali-Phosphaten auftritt (sowohl Rizinus- wie Hanfsamen sind an Erdalkalien auffallend reich). Was nun diejenigen Samen betrifft, deren wässrige Auszüge mehr Phosphat als die essigsauen enthalten, so läßt sich hier eine einfache Erklärung für dieses Verhalten von vornherein kaum finden. Eine Abspaltung anorganischer Phosphorsäure aus im wässerigen Auszug gelösten Eiweißkörpern bei Einwirkung von Salpetersäure war bei der angewandten Methode ausgeschlossen, da ja die Eiweißkörper vor dem Zusatz von Salpetersäure entfernt wurden.

Man könnte vermuten, daß im essigsauen Auszuge aus den betreffenden Samen etwaige Substanzen enthalten sind, welche die vollständige Ausfällung der anorganischen Phosphate durch das Molybdän-Reagens verhindern. Diese Erklärung erwies sich aber bei direkter experimenteller Prüfung als nicht zutreffend. Es mögen dies folgende Versuche beweisen: aus Weizenkleie wurde mit 1%-iger Essigsäure ein Auszug dargestellt; in zwei Proben desselben wurde anorganische Phosphorsäure bestimmt. In der einen Probe geschah die Bestimmung unter dreifacher Fällung, wie oben beschrieben (Molybdän-Reagens, Magnesia-Mischung, Molybdän-Reagens); die zweite Probe dagegen wurde direkt mit Magnesia-Mischung gefällt, die Bestimmung geschah also unter zweifacher Fällung. Der etwaige hindernde Einfluß auf die Molybdänfällung könnte somit nur bei ersterer Bestimmung zur Geltung gelangen.

In Wirklichkeit wurden gefunden:

bei dreifacher Fällung	0·37% P_2O_5
bei zweifacher Fällung	0·36% P_2O_5 ,

also übereinstimmende Zahlen.

Daß im essigsauen Auszug keine Substanzen enthalten sind, welche die Molybdänfällung der Phosphorsäure teilweise verhindern könnten, beweist ebenso deutlich das Ergebnis eines anderen Versuchs, der ebenfalls mit Weizenkleie ausgeführt wurde. In diesem Versuche wurden zu einer bekannten Phosphatlösung (Dinatriumphosphat) bestimmte Mengen von essigsauem Auszug aus Weizenkleie zugesetzt. Sowohl im Auszug selbst wie im Gemisch des Auszugs und der Phosphatlösung wurde die anorganische Phosphorsäure unter dreifacher Fällung bestimmt. Folgende Zahlen geben das Ergebnis des Versuches wieder:

In 25 cm³ der Phosphatlösung waren enthalten:

$$\begin{array}{l} 0\cdot0120 \\ 0\cdot0120 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} 0\cdot0120 \\ 0\cdot0120 \end{array}} \right\} \text{im Mittel } 0\cdot0120 \text{ g } P_2O_5.$$

In 25 cm³ des essigsauen Auszugs wurden gefunden:

$$\begin{array}{l} 0\cdot0077 \\ 0\cdot0078 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} 0\cdot0077 \\ 0\cdot0078 \end{array}} \right\} \text{im Mittel } 0\cdot0078 \text{ g anorganische } P_2O_5.$$

In 25 cm³ Auszug + 25 cm³ Phosphatlösung wurden gefunden:

$$\begin{array}{l} 0\cdot0199 \\ 0\cdot0199 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} 0\cdot0199 \\ 0\cdot0199 \end{array}} \right\} \text{im Mittel } 0\cdot0199 \text{ g anorganische } P_2O_5.$$

Aus der Berechnung ergeben sich für das letztgenannte Gemisch 0·0198 g anorganische Phosphorsäure, während die direkte Bestimmung 0·0199 g gab; es ließ sich somit kein nachteiliger Einfluß des essigsauen Auszugs auf die Fällbarkeit der Phosphorsäure feststellen.

Es schien mir schließlich nicht ohne Interesse zu sein, das Verhalten der alkalischen Auszüge aus denjenigen Samen zu untersuchen, welche mehr anorganische Phosphorsäure an Wasser als an verdünnte Essigsäure abgeben. Als Versuchsobjekt wurde auch

in diesem Falle Weizenkleie gewählt. Da die alkalischen Auszüge sehr schwer filtrieren und das darin gelöste Eiweiß mit Essigsäure nur schlecht abzuscheiden ist, mußte das Verfahren im gegebenen Falle, wie folgt, abgeändert werden: 50 g Weizenkleie wurden mit 500 cm³ 0·1%-iger Kaliumhydratlösung 45 Minuten lang unter fortwährendem Rühren ausgezogen. Nach einigem Absitzen wurde die Lösung durch einen Faltenfilter filtriert. Sie filtrierte sehr langsam; erst nach 5 Stunden konnten 100 cm³ Filtrat gesammelt werden. Das Filtrat war gegen Lackmus schwach, aber deutlich alkalisch. 100 cm³ desselben wurden in einen 200 cm³-Meßkolben gebracht, 20 cm³ Salpetersäure vom sp. G. 1·2 zugegeben und mit Wasser bis zur Marke aufgefüllt. Es entstand ein sehr reichlicher, weißer, flockiger Niederschlag. In Proben der davon abfiltrierten Lösung wurde anorganische Phosphorsäure unter dreifacher Fällung bestimmt; die Bestimmung ergab (auf Weizenkleie berechnet):

$$\begin{array}{l} 0\cdot27 \\ 0\cdot27 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} 0\cdot27 \\ 0\cdot27 \end{array}} \right\} \text{im Mittel } 0\cdot27\% \text{ anorganische } P_2O_5.$$

In einem weiteren in genau gleicher Weise ausgeführten Versuche wurden gefunden:

$$\begin{array}{l} 0\cdot26 \\ 0\cdot25 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} 0\cdot26 \\ 0\cdot25 \end{array}} \right\} \text{im Mittel } 0\cdot26\% \text{ anorganische } P_2O_5.$$

Es wurde schließlich versucht, die Extraktion mit schwächer alkalischer Lösung durchzuführen, und zwar mit 0·02%-iger Kaliumhydratlösung. Die Bedingungen des Versuchs waren sonst den oben beschriebenen genau entsprechend. Der Auszug war in diesem Fall gegen Lackmus durchaus neutral; er filtrierte bedeutend schneller als die vorigen und gab mit Salpetersäure eine weniger reichliche Fällung. Die Bestimmung der anorganischen Phosphorsäure ergab:

$$\begin{array}{l} 0\cdot56 \\ 0\cdot56 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} 0\cdot56 \\ 0\cdot56 \end{array}} \right\} \text{im Mittel } 0\cdot56\% \text{ anorganische } P_2O_5.$$

Stellen wir die Ergebnisse dieser Versuche mit den Bestimmungen anorganischer Phosphorsäure in wässrigen und essigsauren

Auszügen aus der gleichen Kleie (— die entsprechenden Versuche sind weiter unten angeführt —) zusammen, so bekommen wir folgende Resultate:

TABELLE III.

Extraktionsflüssigkeit:	Anorganische P_2O_5 in % der Kleie:
Destilliertes Wasser	0·55
0·02%-ige KOH-Lösung	0·56
0·1%-ige KOH-Lösung	0·26
0·1%-ige KOH-Lösung	0·27
1%-ige Essigsäure	0·29

Durch diese Versuche ist, wie ausdrücklich hervorgehoben werden muß, die merkwürdige Tatsache, daß manche Pflanzensamen mehr anorganische Phosphorsäure an Wasser als an verdünnte Säuren abgeben, nicht aufgeklärt worden. Diese Versuche werfen nur einiges Licht auf folgende Punkte:

Erstens beweisen sie, daß eine Abspaltung von anorganischer Phosphorsäure aus Eiweißkörpern keine Rolle bei dem Mehrgehalt der wässerigen Auszüge spielen kann. Dies folgt deutlich aus der ganzen Versuchsanordnung, wobei ja jede Spaltung von phosphorhaltigen Eiweißkörpern von vornherein vermieden wurde.

Zweitens konnte festgestellt werden, daß die essigsauren Auszüge keine Substanzen in Lösung enthalten, welche die Fällung der anorganischen Phosphorsäure verhindern könnten.

Drittens schließlich konnte gezeigt werden, daß alkalische Auszüge ebenso viel anorganische Phosphorsäure enthalten wie die essigsauren, also bedeutend weniger als die wässerigen.

Wollte man auf Grund obiger Tatsachen, die zunächst nur für das Weizenkorn bzw. Weizenkleie direkte Geltung haben, irgend welche Vermutungen über die nähere Natur des Zusammenhanges aufstellen, so würde wohl folgende Erklärung am wahrscheinlichsten sein:

Es treten im Weizenkorn phosphorhaltige Substanzen von nicht eiweißartiger Natur auf, welche bei Gegenwart von Wasser eine Spaltung unter Befreiung anorganischer Phosphorsäure erleiden. Bei Gegenwart von freier Säure oder freiem Alkali sind die genannten Substanzen dagegen beständig, und es tritt keine Spaltung ein. Für die alkalische Lösung läßt sich sogar die Minimalkon-

zentration angeben, welche nötig ist, um die Spaltung hintanzuhalten: bei 0.02%-iger KOH tritt Spaltung ein, bei 0.1%-iger dagegen ist sie nicht zu konstatieren.

Über die nähere chemische Natur der vermutlichen Substanzen läßt sich auf Grund obiger Versuche gar nichts aussagen. Es unterliegt aber keinem Zweifel, daß im Pflanzenmaterial phosphorhaltige Substanzen von unbekannten Eigenschaften enthalten sind. Die in verdünnten Säuren löslichen phosphorhaltigen Verbindungen, gewöhnlich als Phytinkörper bezeichnet, sind sicher nicht einheitlich; es mag hier als Beispiel die jüngst von Anderson (3) aus Weizenkleie isolierte Inosit-Monophosphorsäure angeführt werden.

Daß die Zunahme der anorganischen Phosphorsäure in wässerigen Auszügen in der Tat auf Kosten der löslichen organischen P-Verbindungen erfolgt, mögen die Ergebnisse einiger Versuche beweisen, die ebenfalls mit Weizenkleie ausgeführt worden sind. Es sollte hier untersucht werden, wie sich die phosphorhaltigen Substanzen der Weizenkleie bei Wiederholung der Extraktion mit verdünnter Essigsäure bzw. Wasser verhalten. Das hierbei eingeschlagene Verfahren war das folgende: 50 g lufttrockene Kleie wurden mit 500 cm³ 1%-iger Essigsäure bzw. Wasser 45 Minuten unter fortwährendem Rühren ausgezogen. Nach Schluß der Extraktion wurde das Gefäß auf einer Wage genau tariert und der Extrakt auf ein Coliertuch gegossen. Der colierte Auszug wurde sodann durch einen Faltenfilter filtriert und zu Bestimmungen der anorganischen sowie der gesamten löslichen Phosphorsäure in üblicher Weise verwendet. Der ausgezogene Rückstand wurde im Coliertuch stark ausgepreßt, möglichst quantitativ in das Extraktionsgefäß gebracht und mit 1%-iger Essigsäure bzw. Wasser bis zur Tara aufgefüllt. Es wurden hierzu 470—480 cm³, im Mittel 475 cm³ Flüssigkeit verbraucht; es blieben somit im Rückstand im Mittel etwa 25 cm³ des ersten Extraktes zurück. Hierauf wurde in üblicher Weise 45 Minuten lang extrahiert und der zweite Auszug auf anorganische und gesamte lösliche Phosphorsäure untersucht. In einigen Versuchen wurde die ganze Operation in der gleichen Weise nochmals wiederholt und somit drei bzw. vier aufeinanderfolgende Auszüge aus gleichem Ausgangsmaterial gewonnen.

Folgende Zusammenstellung gibt den direkt gefundenen Gehalt an anorganischer, gesamter löslicher und Phytin-Phosphorsäure in je 50 cm³ der verschiedenen Auszüge in Gramm:

TABELLE IV.

Versuch I.

		Gesamte P_2O_5	Mittel	Anorg. P_2O_5	Mittel	Phytin- P_2O_5
Essigsaurer Auszug	I	0·0812 0·0821	0·0817	0·0143 0·0145	0·0144	0·0673
Wässeriger Auszug	II	0·0119 0·0116	0·0118	0·0070 0·0069	0·0070	0·0048

Versuch II.

Essigsaurer Auszug	I		direkt	nicht bestimmt.		
Essigsaurer Auszug	II	0·0055 0·0055	0·0055	0·0038 0·0038	0·0038	0·0017
Wässeriger Auszug	III	0·0038 0·0038	0·0038	0·0029 0·0029	0·0029	0·0009

Versuch III.

Wässeriger Auszug	I	0·0404 0·0409	0·0407	0·0256 0·0256	0·0256	0·0151
Essigsaurer Auszug	II	0·0464 0·0470	0·0467	0·0092 0·0090	0·0091	0·0376

Versuch IV.

Wässeriger Auszug	I		direkt	nicht bestimmt.		
Wässeriger Auszug	II	0·0173 0·0173	0·0173	0·0095 0·0096	0·0096	0·0077
Wässeriger Auszug	III	0·0148 0·0150	0·0149	0·0075 0·0075	0·0075	0·0074
Essigsaurer Auszug	IV	0·0182 0·0183	0·0183	0·0057 0·0057	0·0057	0·0126

Da, wie oben bemerkt, nach jeder Extraktion in dem ausgepressten Rückstand etwa 25 cm³ des ursprünglichen Auszuges zurückgeblieben sind, so müssen wir die entsprechenden Mengen der Phosphorsäure in Abzug bringen, um die Menge der bei der dar-

auffolgenden Extraktion wirklich gelösten Phosphorsäure zu erfahren. Folgende Zusammenstellung bringt die auf diese Weise korrigierten Mittelzahlen, wobei für die nicht direkt untersuchten Auszüge Zahlen aus Parallelversuchen eingestellt worden sind:

TABELLE V.

Versuch I.

	Gesamte P_2O_5	Anorgan. P_2O_5	Phytin- P_2O_5
Essigsaurer Auszug I	0·0817	0·0144	0·0673
Wässeriger Auszug II	0·0077	0·0063	0·0014
Zusammen	0·0894	0·0207	0·0687

Versuch II.

Essigsaurer Auszug I	0·0817	0·0144	0·0673
" " II	0·0014	0·0031	—0·0017
Wässeriger " III	0·0035	0·0027	0·0008
Zusammen	0·0866	0·0202	0·0664

Versuch III.

Wässeriger Auszug I	0·0407	0·0256	0·0151
Essigsaurer " II	0·0447	0·0078	0·0368
Zusammen	0·0854	0·0334	0·0519

Versuch IV.

Wässeriger Auszug I	0·0407	0·0256	0·0151
" " II	0·0153	0·0083	0·0069
" " III	0·0140	0·0070	0·0070
Essigsaurer " IV	0·0175	0·0053	0·0122
Zusammen	0·0875	0·0462	0·0412

Von den in der obigen Tabelle zusammengestellten Resultaten seien nur folgende hervorgehoben:

Vor allem ersieht man deutlich, daß die Phytin-Phosphorsäure von der verdünnten Essigsäure nahezu quantitativ ausgezogen wird.

Bei nochmaliger Extraktion des Rückstandes mit Wasser gehen kaum Spuren organischer Phosphorsäure in Lösung; für den zweiten essigsauren Extrakt ist die betreffende Zahl sogar negativ; dies läßt sich nur auf diese Weise erklären, daß diejenige Phytin-Phosphorsäure, welche in den 25 cm³ des ersten Auszuges in dem ausgepreßten Rückstand von der ersten Extraktion zurückgeblieben ist, eine Umwandlung in anorganische Phosphorsäure erlitten hat; auch hier handelt es sich übrigens bloß um Spuren. In Wasser scheint die Phytin-Phosphorsäure, wie der Versuch IV zeigt, langsam in Lösung zu gehen; bei Wiederholung der Extraktion werden stets neue Mengen in Lösung gebracht.

Für die Frage, warum die Weizenkleie mehr anorganische Phosphorsäure an Wasser als an verdünnte Essigsäure abgibt, ist der Vergleich zwischen den Versuchen I und III lehrreich. In beiden Fällen wurde die Kleie der gleichen Behandlung unterworfen, nur in umgekehrter Reihenfolge; im Versuch I wurde zunächst mit Essigsäure und dann mit Wasser, im Versuch III im Gegenteil zunächst mit Wasser und erst dann mit Essigsäure extrahiert. Vergleichen wir die Summe der bei beiden Extraktionen gelösten Gesamt-Phosphorsäure, auf 50 cm³ bezogen, so sehen wir, daß sie in beiden Versuchen fast gleich ist, nämlich im Versuch I 0.0894 g, im Versuch III 0.0854 g beträgt. Diese Summe verteilt sich aber in den beiden Versuchen ungleich auf anorganische und Phytin-Phosphorsäure: im Versuch I wurden 0.0207 g anorganische und 0.0687 g Phytin-Phosphorsäure gefunden, im Versuch III sind die betreffenden Zahlen 0.0334 g und 0.0519 g. Wird somit zunächst mit Wasser extrahiert, so tritt als Folge davon eine Zunahme der anorganischen und eine Abnahme der Phytin-Phosphorsäure ein. Dieses Resultat scheint für die oben ausgesprochene Annahme zu sprechen, daß die organischen phosphorhaltigen Substanzen der Weizenkleie unter Einwirkung des Wassers zum Teil eine Veränderung unter Abspaltung anorganischer Phosphorsäure erleiden.

Der Versuch IV zeigt schließlich, daß bei wiederholten Wasserextraktionen stets neue Mengen anorganischer Phosphorsäure in Lösung gehen. Diese Tatsache könnte entweder auf einer adsorptiven Bindung der Phosphate in der Weizenkleie oder aber auf allmählicher Umwandlung der Phytin-Phosphorsäure, die in Wasser nur schwer löslich ist, in anorganische Phosphorsäure beruhen. In der Tat finden wir bei dreimaliger Wassereextraktion in den

Auszügen auffallend viel anorganische und wenig Phytin-Phosphorsäure, und zwar nur 0·0409 g gegen 0·0290 g, während im Versuch I die entsprechenden Mengen 0·0207 g gegen 0·0687 g betrugen.

Aus der Tabelle V ersieht man schließlich deutlich, daß die Summe der gesamten löslichen Phosphorsäure, die sich aus der gegebenen Menge Kleie durch verschiedene Kombinationen von Wasser- und Essigsäure-Extraktion ausziehen läßt, stets ungefähr die gleiche bleibt, selbst in den Fällen, wo, wie im Versuch IV, die Summe der anorganischen Phosphorsäure eine beträchtliche Zunahme aufweist. Diese Zunahme kann somit nur auf einer Abspaltung anorganischer Phosphorsäure aus löslichen phosphororganischen Verbindungen beruhen. Die oben ausgesprochene Annahme wird somit durch die Ergebnisse dieser Versuche durchaus bestätigt.

Diese Versuche liefern nur einen vorläufigen Beitrag zur Frage über die Natur der phosphorhaltigen Bestandteile des Weizenkorns; sie zeigen jedenfalls, daß die Wechselwirkungen zwischen diesen Bestandteilen und den Lösungsmitteln recht komplizierter Natur sind und nicht so einfach gedacht werden dürfen, wie es bisher meistens geschah.

Im weiteren Verlauf meiner Untersuchungen habe ich versucht, näheres über die Natur der Phosphate in einigen Pflanzenstoffen dadurch zu erfahren, daß ich die basischen Bestandteile sowohl im Ausgangsmaterial wie in wässrigen und essigsäuren Auszügen aus demselben bestimmte. Es wurden Weizen- und Roggenkleie der Untersuchung unterworfen. Die Darstellung der Asche geschah teils auf trockenem Wege (Veraschung in Platin- bzw. Quarzschalen), teils aber durch Säuregemischveraschung, sowohl in Jenaer Verbrennungskolben wie in Kolben aus durchsichtigem Quarzglas. Durch eine Reihe vergleichender Bestimmungen konnte bewiesen werden, daß die Art der Verbrennung unter gegebenen Umständen keinen Einfluß auf die Resultate hatte. Von einer vollständigen Aschenanalyse wurde in folgenden Versuchen abgesehen. Es wurde in einem Teil der Aschenlösung Kalzium und Magnesium nach dem üblichen Verfahren, in einem zweiten Kalium als überchlorsaures Salz bestimmt. Gleichzeitig wurde in besonderen Proben des Ausgangsmaterials bzw. der Auszüge die Phosphorsäure bestimmt.

und zwar in den Auszügen sowohl die gesamte, wie die anorganische Phosphorsäure. Sämtliche Phosphorbestimmungen sind doppelt ausgeführt werden; in den Tabellen stehen Mittelzahlen aus gut übereinstimmenden Einzelbestimmungen. Die Resultate sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt, wobei die Zahlen sich auf den Prozentgehalt des lufttrockenen Ausgangsmaterials beziehen.

TABELLE VI.

Weizenkleie.

%	1	2	3	4	5	Mittel
Gesamt-P ₂ O ₅	2.28	—	—	2.22	2.27	2.26
CaO	—	0.14	0.17	0.16	—	0.16
MgO	—	0.67	0.66	0.66	—	0.66
K ₂ O	—	1.24	1.25	1.24	—	1.24

TABELLE VII.

Weizenkleie. Essigsaurer Auszug.

%	1	2	3	Mittel
Gesamt-P ₂ O ₅	1.65	1.65	—	1.65
Anorganische P ₂ O ₅	—	0.30	0.27	0.29
Phytin-P ₂ O ₅	—	—	—	1.36
CaO	0.12	0.11	0.12	0.12
MgO	0.60	0.62	0.61	0.61
K ₂ O	1.19	1.14	1.09	1.14

TABELLE VIII.

Weizenkleie. Wässriger Auszug.

%	1	2	3	Mittel
Gesamt-P ₂ O ₅	0.77	0.81	0.79	0.79
Anorganische-P ₂ O ₅	0.55	—	0.54	0.55
Phytin-P ₂ O ₅	—	—	—	0.24
CaO	0.05	0.04	0.04	0.04
MgO	0.17	0.15	0.17	0.16
K ₂ O	0.74	0.76	0.73	0.74

In Tabelle IX sind die Mittelzahlen aus den obigen drei Tabellen der besseren Übersichtlichkeit wegen nebeneinander zusammengestellt.

TABELLE IX.

%	Weizenkleie	Essigsaurer Auszug	Wässriger Auszug
Gesamt- P_2O_5	2.26	1.65	0.79
Anorganische P_2O_5	—	0.29	0.55
Phytin- P_2O_5	—	1.36	0.24
CaO	0.16	0.12	0.04
MgO	0.66	0.61	0.16
K_2O	1.24	1.14	0.74

Diese Ergebnisse gestatten einige Schlüsse, betreffend die Verbindungsart und Eigenschaften der Mineralbestandteile des Weizenkorns. Der Mehrgehalt der wässrigen Auszüge an anorganischer Phosphorsäure gegenüber den essigsauren sowie dessen vermutliche Ursachen wurden bereits oben ausführlich besprochen. Weiter fällt der niedrige Gehalt an anorganischer Phosphorsäure in der Weizenkleie im Vergleich zum hohen Kaligehalt auf. Wie ohne weiteres ersichtlich, kann nur ein kleiner Teil des gesamten Kaliums an Phosphorsäure gebunden sein. Da andere anorganische Säuren (Schwefel-, Salz-, Kieselsäure) in Weizenkleie in nur ganz geringer Menge vorhanden sind, wird man zu der Überzeugung geführt, daß ein bedeutender Teil des Kaliums in Form einer organischen Verbindung vorliegt. Ich hoffe für diese Auffassung in kurzer Zeit direkte Beweise erbringen zu können. Der Vergleich zwischen den basischen Bestandteilen der Kleie und denen des essigsauren Auszuges zeigt, daß die genannten Bestandteile fast vollständig in den sauren Auszug übergehen, somit an in verdünnten Säuren lösliche Körper gebunden sein müssen.

Im wässrigen Auszug finden wir neben viel Kali sowohl Kalk wie Magnesia. Da anorganische Phosphate der genannten Erdalkalimetalle in Wasser unlöslich sind, spricht diese Tatsache dafür, daß Kalk und Magnesia hier in organischer Bindung vorkommen, und zwar mit der im wässrigen Auszuge ebenfalls auftretenden Phytin-Phosphorsäure in Verbindung gebracht werden müssen. Es

wäre somit daraus zu folgern, daß entweder das „Phytin“, welches sich in verdünnter Säure total löst, auch in Wasser zum Teil löslich ist, oder aber daß einzelne Körper der „Phytin“-Gruppe wasserlöslich sind, während andere sich erst in verdünnter Säure lösen.

Ganz ähnliche Versuche habe ich auch mit Roggenkleie ausgeführt. Die Ergebnisse mögen kurz in folgenden Tabellen mitgeteilt werden.

TABELLE X.

Roggenkleie.

%	1	2	3	4	Mittel
Gesamt- P_2O_5	1·98	—	—	1·96	1·97
CaO	—	0·17	0·17	—	0·17
MgO	—	0·45	0·47	—	0·46
K ₂ O	—	1·35	1·38	—	1·37

TABELLE XI.

Roggenkleie. Essigsaurer Auszug.

%	1	2	Mittel
Gesamt- P_2O_5	1·43	—	1·43
Anorganische P_2O_5	0·74	—	0·74
Phytin- P_2O_5	0·69	—	0·69
CaO	0·14	0·16	0·15
MgO	0·42	0·39	0·41
K ₂ O	1·31	1·34	1·33

TABELLE XII.

Roggenkleie. Wässriger Auszug.

%	1	2	Mittel
Gesamt- P_2O_5	1·36	—	1·36
Anorganische P_2O_5	1·09	—	1·09
Phytin- P_2O_5	0·27	—	0·27
CaO	0·09	0·11	0·10
MgO	0·24	—	0·24
K ₂ O	1·15	1·17	1·16

TABELLE XIII.

%	Roggenkleie	Essigsaurer Auszug	Wässriger Auszug
Gesamt-P ₂ O ₅	1·97	1·43	1·36
Anorganische P ₂ O ₅	—	0·74	1·09
Phytin-P ₂ O ₅	—	0·69	0·27
CaO	0·17	0·15	0·10
MgO	0·46	0·41	0·24
K ₂ O	1·37	1·33	1·16

In diesen Versuchen wäre vor allem der noch viel stärker ausgesprochene Mehrgehalt des wässrigen Auszugs an anorganischer Phosphorsäure, dem essigsauren Auszug gegenüber, hervorzuheben, was den früher mitgeteilten Ergebnissen am Weizen- und Roggenkorn durchaus entspricht. Im übrigen sind die Verhältnisse bei Roggenkleie denjenigen bei Weizenkleie ziemlich ähnlich.

Die obigen Untersuchungen, obgleich an tatsächlichen Ergebnissen ziemlich arm, haben doch zu einigen interessanten Fragestellungen geführt, welche weitere Bearbeitung wohl verdienen.

Durch weitere Forschung möchte ich versuchen, mehr Licht in die obwaltenden Verhältnisse zu bringen.

Literatur.

- 1) Rogoziński. Bull. de l'Ac. des Sc. de Cracovie, Sér. B, S. 87, 1915,
- 2) Neubauer und Lückner. Zeitschr. f. analyt. Chemie, Bd. 51, S. 161, 1912.
- 3) Anderson. Journ. of Biol. Chem., Bd. 18, S. 441, 1914 (nach Zentrbl. f. Biochemie, Bd. 17, S. 625, 1915).

Mieszaniec porzeczeki dwupiennej z dwupłciową. — Hybride du Groseillier dioïque et hermaphrodite.

Note

de M. **EDOUARD JANCZEWSKI** m. t.,
présentée dans la séance du 1 Mai 1916.

Depuis que les découvertes du prélat G. Mendel attirèrent l'attention du monde savant et excitèrent une juste admiration, l'étude de l'hybridité et de l'hérédité des caractères a pris un essor vraiment prodigieux. On ne peut nier, cependant, que l'état de nos connaissances relatives à ces questions est encore bien imparfait. Dans le cas d'une postérité d'hybrides, entre espèces différant entre elles au point de vue de la sexualité des fleurs, quel est celui des caractères qui est dominant? Est-ce la dioecie, la monoecie ou l'hermaphroditisme? Nous l'ignorons jusqu'à présent.

Certes, ces croisements ne réussissent que rarement, surtout lorsqu'il s'agit de combiner des espèces à caractères sexuels bien prononcés et parfaitement constants. Nous en connaissons en effet peu d'exemples. Kölreuter (1768) féconda le *Melandryum album* dioïque ♀ par le *M. viscosum* hermaphrodite ♂¹⁾; Gärtner suivit son exemple et croisa avec succès les mêmes espèces, ainsi que le *M. rubrum* dioïque ♀ avec le même *M. viscosum* ♂, ou avec le *Lychnis flos cuculi* également hermaphrodite²⁾. Tous ces produits étaient plus proches de la mère dioïque que du père, et complètement stériles. A noter que le *M. viscosum* produit quelquefois des fleurs femelles à côté des bisexuées et incline ainsi à la gynomonocie.

¹⁾ Voir à ce sujet: W. O. Focke. Die Pflanzenmischlinge, 1881, pag. 78.

²⁾ Ibid., pag. 68—70.

Germain de Saint-Pierre (1867) féconda le *Lagenaria sphaerica* dioïque ♀ par le *L. vulgaris* monoïque ♂, et éleva un hybride monoïque et en partie fertile avec le pollen des parents ou du *L. Angolensis*¹⁾.

C'est à M. Correns que nous sommes redevables d'expériences les plus nouvelles et qui correspondent à l'état actuel de la science²⁾. Il croisa le *Bryonia dioica* dioïque avec le *B. alba* monoïque dans les deux sens, et produisit des hybrides beaucoup plus proches du *B. dioica* que du *B. alba*, mais pourtant avec certains caractères intermédiaires. Ils étaient toujours stériles et, lorsque le *B. dioica* servait de mère, tous femelles; quelques sujets débutaient cependant par des inflorescences mâles avortant bientôt. La même chose arrivait dans certains pieds femelles dont le *B. alba* était la mère; les produits de ce croisement étaient moitié mâles, moitié femelles. Dans tous les cas les hybrides étaient stériles et dioïques, avec indice de monoecie.

Comme exemple d'hybrides entre plantes: dioïques et hermaphrodites, M. Correns choisit le genre *Melandryum* où, à l'exemple de Kölreuter et Gärtner, il réussit à féconder avec succès le *M. album* dioïque ♀ par le *M. viscosum* ♂, mais non pas vice-versa³⁾. Dans tous les pieds de l'hybride, le pistil semblait normal, les étamines avortées à un degré divers. Malgré leur stérilité complète, M. Correns les considère comme notoirement femelles, bien que l'hermaphroditisme du père s'y reflétait bien plus distinctement que la monoecie du *Bryonia alba* dans les hybrides des *Bryonia*. Les figures qui accompagnent le mémoire de M. Correns²⁾ nous montrent dans le *Melandryum* hybride des étamines plus ou moins longues, terminées par des anthères distinctes, quoique plus ou moins maigres et avortées, tandis que dans le *M. album* elles sont seulement indiquées par des mamelons insignifiants. A notre avis, ces hybrides sont plus proches de l'hermaphroditisme que de la dioecie, ou du moins elles sont intermédiaires, tant au point de vue morphologique que physiologique, avec les deux organes sexuels atteints de stérilité. Si les organes mâles sont en outre plus ou moins avor-

¹⁾ Voyez: Focke pag. 171.

²⁾ C. Correns, Die Bestimmung und Vererbung des Geschlechtes nach neuen Versuchen mit höheren Pflanzen, 1907.

³⁾ Correns l. c., fig. 5.

tés, il faut attribuer ce défaut tant au croisement des fleurs dont l'une est pourvue d'étamines et l'autre en est dépourvue, qu'à la plus grande faiblesse d'organes mâles que des femelles dans les hybrides,

Les *Bryonia* et *Melandryum* étant des plantes herbacées, et les espèces assez voisines, restait à savoir si des plantes arborescentes, à sexualité encore plus décidée, et différant à un plus haut degré, pouvaient être croisées, les dioïques avec les bisexuées, et quels en seraient les produits. Ayant élevé un hybride semblable, bien qu'en pied presque unique, il nous parut utile d'en donner une description détaillée suivie de sa comparaison avec les deux parents; notre désir était de répondre à la question: est-ce la dioecie ou l'hermaphroditisme qui domine dans cette plante?

(28). *Ribes berisioides* nob. ♀

(*alpinum* ♀ × *grossularia* ♂).

Arbuste inerme, faible, n'ayant pas dépassé 0.6^m en neuf ans, sujet aux attaques par le *Mytilaspis pomorum* Behé.

Scions annuels, grisâtres, minces. Bourgeons brunâtres, petits, oblongs, ne dépassant pas 5^{mm} en longueur, semblables à ceux du *R. grossularia*. Scions jeunes verts, glabres; couches touchant à l'épiderme non sclérifiées.

Feuilles petites, longues et larges jusqu'à 5^{cm}, trilobées, dentées, à base légèrement cordée, glabres, semées, dans la jeunesse, de petites glandes subsessiles, incolores, surtout en dessous. Pétiole de 2^{cm} environ, bordé, vers la base, de quelques soies.

Grappes axillaires et terminales, diversement dirigées, très courtes et pauvres, n'atteignant qu'exceptionnellement 1^{cm}, composées de 2—4 fleurs, très rarement de 5. Rachis assez riche en glandes subsessiles. Bractées verdâtres, oblongues ou obovales, obtuses ou subobtus, longues de 3—6^{mm}, larges de 1.5—2.5^{mm}, trinerviées, bordées de glandes subsessiles et de quelques poils vers le sommet (Fig. 2 c). Pédicelles très courts, de 0.5—1.0^{mm}, semés de glandes, quelquefois lavés de rouge. Bractéoles nulles. Boutons pourprés. Floraison précoce.

Fleurs minuscules, très semblables aux fleurs femelles du *R. alpinum*, subpeltiformes, presque rotacées, de 5—6^{mm} en diamètre. Sépales étalés, subobtus, presque aussi larges que longs, pâles, bordés de rouge, ciliés de quelques poils vers le sommet. Pétales pe-

tits, subflabelliformes, colorés de rouge aux ailes, aussi longs que larges, $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ de la longueur des sépales. Anthères subsessiles, maigres, vides, comme dans le *R. alpinum* ♀. Réceptacle pâle, sub-pelviforme, glabre, sécrétant du nectar. Style glabre, bifurqué vers



Fig. 1.

R. berisioides. Branche fleurie, réduite aux $\frac{3}{4}$ de grandeur naturelle.

le sommet. Ovaire oboval, semé parfois de quelques glandes subsessiles. Ovules en partie normales en apparence, en partie plus maigres et décidément stériles. Pollinisés par le *R. grossularia*, quelques ovaires ont un peu grossi et verdi, mais sont tous tombés dans une quinzaine de jours.

Origine. Un pied ♀ du *R. alpinum* était cultivé dans l'ancien jardin agricole, loin des pieds ♂ de cette espèce, ou d'autres du

sous-genre *Berisia*, mais à proximité des *R. grossularia*, *R. rubrum* et *R. vulgare*, sans compter d'autres, à floraison plus tardive. En 1906, nous y avons récolté quelques fruits et semé leurs graines en hiver, en serre tempérée; notre espoir d'en élever des hybrides entre espèces foncièrement différentes n'a pas été entièrement déçu. Il est vrai que, sur une douzaine de pieds élevés, il ne se trouva que deux qui différaient par le port et le feuillage, tandis que les autres ressemblaient tellement au *R. alpinum* qu'ils ne nous sem-

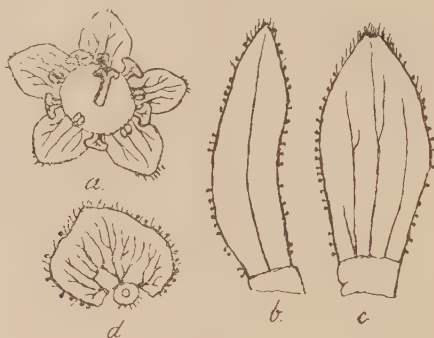


Fig. 2.

a: *Ribes berisioides*. Fleur vue d'en haut. Gross. 6 diam.

b: *R. alpinum*. Bractée d'une grappe femelle. Gross. 6 diam.

c: *R. berisioides*. Bractée. Gross. 6 diam.

d: *R. grossularia*. Bractée. Gross. 6 diam.

blaient pas dignes de culture et d'observation ultérieure. Ces deux étaient des hybrides manifestes, issus d'un père incertain au début. Leur vigueur restait bien au dessous de la normale, de branches entières périssaient, et l'un d'eux n'atteignit jusqu'aujourd'hui qu'une quinzaine de centimètres, tandis que l'autre arriva à 60^{cm} et fleurit ce printemps.

Comparaison aux parents. Nous avons d'abord soupçonné que le pollen du *R. rubrum* ou *R. vulgare* intervint dans le croisement, mais dûmes bientôt abandonner cette supposition, à cause de l'aspect des plantes plus âgées, surtout en hiver. Leurs bourgeons étaient trop semblables à ceux du *R. grossularia* pour que nous ne dussions pas lui attribuer le rôle de père dans notre hybride. D'ailleurs, on ne connaît aucun exemple de croisement entre espèces du sous-genre *Ribesia* et celles de quelque autre sous-genre, tandis que le

R. grossularia se laissa croiser avec des *Coreosma*: *R. nigrum* et *R. sanguineum*, et engendra les hybrides: *R. Culverwellii* et *R. fontenayense*¹⁾. La floraison récente de notre hybride confirma pleinement notre supposition. L'hybride diffère, par ses organes de végétation et ses grappes, tant de l'un que de l'autre des parents. Inermes comme la mère et les deux hybrides précités, il possède des bourgeons semblables à ceux du père. La grappe elle-même est presque aussi réduite que dans le père; sa direction est indéterminée, mais non verticale, caractérisant tous les *Berisia*.

La coloration, la forme, les dimensions et la durée des bractées sont intermédiaires, celles-ci ne sont plus aussi pâles et caduques que dans le *R. alpinum*, et ce qui plus est, elles reçoivent du rachis, chacune, trois nervures (Fig. 2 c) au lieu d'une seule et parfaitement indivise (Fig. 2 b). Dans le *R. grossularia*, les bractées sont vertes, larges et munies de trois nervures qui se ramifient dès leur base, en éventail (Fig. 2 d).

Quant à la fleur, c'est la mère qui y prédomine, tant dans la forme, les dimensions et la structure, que dans le sexe, distinctement femelle. On la prendrait bien pour une fleur femelle du *R. alpinum* pur (Fig. 2 a), à part quelques petits détails hérités du *R. grossularia*, d'ailleurs entièrement différent. Ainsi les quelques poils ornant le sommet des sépales et une nervation plus riche accusent une légère influence du père. En effet, dans l'hybride, les trois nervures de sépales se divisent généralement en 5—7 branches; dans le *R. alpinum*, au contraire, en 4 ou 5, par bifurcation d'une ou tout au plus de deux nervures. La même chose se répète dans les pétales dont l'unique nervure est habituellement simple dans le *R. alpinum*, trifurquée dans l'hybride.

L'origine hybride de notre *R. berisioides* est également attestée par l'état de ses organes sexuels. Les anthères stériles nous semblent encore plus maigres que dans la fleur femelle de la mère; l'ovaire apparemment normal, entièrement semblable à celui de la mère, contient des ovules dont les uns sont visiblement mauvais, les autres inféconds avec le pollen du *R. grossularia*, malgré leur apparence normale.

Si nous cherchons enfin à établir laquelle des deux espèces pré-

¹⁾ Ed. Janczowski. Monographie des Groseilliers. Mém. de la Soc. de Physique et des Sciences nat. de Genève, 1907, pag. 192, 193.

domine dans notre hybride, ou si elles y prennent une part égale, nous n'hésiterons pas à affirmer que ses organes de végétation tiennent plus ou moins le milieu entre ceux des parents, tandis que les organes de reproduction avec leur entourage immédiat — le périanthe — reflètent parfaitement l'espèce dioïque et ne laissent nullement soupçonner qu'une espèce hermaphrodite intervint dans le croisement.

Z dziedziny termodynamiki mięśni. — Zur Thermodynamik der Muskeln.

Mémoire

de M. **N. CYBULSKI** m. t..

présenté dans la séance du 1 Mai 1916.

Einleitung.

Von allen Problemen der Muskelphysiologie bedürfen ohne Zweifel die thermischen Erscheinungen am meisten der Untersuchung; mit jedem Tage bringt die Forschung neue Tatsachen, welche zur Klärung der Entwicklungs- und chemischen Fragen, der mikroskopischen und elektrischen Veränderungen, sowohl im Zustande der Ruhe als auch der Aktion der Muskeln, beitragen; hingegen läßt die Thermodynamik, dh. die Wärmeproduktion und die quantitativen Ausdrücke derselben noch immer viel zu wünschen übrig.

Man hat schon längst und mehrfach nachgewiesen, daß die Muskeln, besonders während der Tätigkeit, ähnlich wie andere Organe Wärme produzieren. Diese Tatsache ist ohne Ausnahme an Muskeln aller warmblütigen und kaltblütigen Tiere konstatiert worden. Nicht nur speziell zu diesem Zwecke durchgeführte Experimente, sondern auch zufällige und gelegentliche Beobachtungen mit gewöhnlichen Thermometern haben erwiesen, daß sowohl während des Tetanus (der tetanischen Anfälle) als auch während intensiver, mit der Tätigkeit zahlreicher Muskelgruppen verbundener mechanischer Arbeit nicht nur die Temperatur der Muskeln selbst, sondern sogar die des ganzen Organismus manchmal um einige Grade, wie z. B. während der tetanischen Anfälle, wächst. Diese Temperaturerhöhung muß als eine Folge der gesteigerten Wärmeproduktion in den Muskeln betrachtet werden, weil bei ausgeprägter

Muskeltätigkeit und beim Fehlen sichtlicher Beteiligung anderer Organe die Wärmeproduktion in diesen Fällen auf etwas anderes als auf Muskeltätigkeit unmöglich bezogen werden kann. Andererseits hat man bereits mehrfach festgestellt, daß in allen Fällen, in welchen wir mit geringerer oder größerer Bewegungslosigkeit, Herabsetzung der Muskeltätigkeit zu tun haben, immer gleichzeitig eine Abnahme der allgemeinen Temperatur des gegebenen Tieres stattfindet. Diese Abnahme tritt besonders deutlich auf, wenn die Bewegungslosigkeit eine Folge der gänzlichen Muskellähmung, z. B. der Unterbrechung des Zusammenhanges mit dem Zentralnervensystem ist, wie beim Durchschneiden des Rückenmarks unter dem verlängerten Mark, beim Durchschneiden der Hauptstämme der peripheren Nerven, bei unvollständiger Vergiftung mit Kurare u. a. In der Tat, wenn wir die Dosis des Kurare bei subkutaner Anwendung so wählen, daß beim Versuchstiere nicht die gänzliche Lähmung auftritt und die Atmungsmuskeln ihre Aktionsfähigkeit bewahren, so kann das Tier in diesem Falle nicht nur lange am Leben erhalten bleiben, sondern es kann auch diese Vergiftung überleben und zum normalen Zustande zurückkehren. Die Untersuchung eines solchen Tieres zeigt uns jedoch, daß seine Temperatur vom ersten Momente an sinkt und sich der Umgebungstemperatur nähert. So kann bei Tauben bei solcher Vergiftung mit nicht tödlicher Kuraredosis eine Temperaturabnahme von 42° auf 27° und weniger, bei Kaninchen von 38° auf 24° und eine noch größere bei weißen Ratten beobachtet werden. Daß dieses Sinken der Körpertemperatur nicht von der Atmungsschwächung abhängt, folgt daraus, daß sie sogar durch intensivste künstliche Atmung nicht aufgehalten wird. Auf Grund dieser und einer Anzahl anderer mehr oder weniger analoger Beobachtungen hat sich die Überzeugung Bahn gebrochen, daß bei Erhaltung der Temperatur des Organismus auf einem gewissen, mehr oder weniger konstanten Niveau die erste und wichtigste Rolle dem Muskelsystem zukommt. Deshalb ist es verständlich, welche Bedeutung für die Physiologen die Erklärung der Wärmeproduktion in isolierten Muskeln besitzt und wie groß die Anzahl der Lösungsversuche dieses Problems sein muß. Es gibt in der Tat über diese Frage schon heute eine sehr umfangreiche Literatur, die sich auf eine beträchtliche Reihe von Experimentalarbeiten stützt. Doch beruhen die auf diesem Gebiet ausgeführten Arbeiten bis jetzt fast ausschließlich auf Temperaturmessun-

gen, die mit verschiedensten Apparaten und in verschiedensten Bedingungen vorgenommen worden sind. Anfangs bestimmte man die Temperatur mit Hilfe immer empfindlicherer Thermometer, dann verwendete man hierbei Thermosäulen von verschiedener Konstruktion und verschiedenster Empfindlichkeit. Die meisten Untersuchungen wurden mit Hilfe von Thermomultiplikatoren ausgeführt. Die Empfindlichkeit dieser Kombinationen wurde in der Tat sehr vervollkommenet; auf diese Weise gelang es, mehrere von diesen verwickelten und wichtigen Fragen zu erklären und eine Basis für die endgültige Lösung des Problems vorzubereiten. Alle diese Methoden bis zum Jahre 1904 sind nicht nur zusammengestellt, sondern auch beurteilt worden, und zwar in der Arbeit O. Frank's¹⁾. Es wäre also überflüssig, sich mit dieser Sache noch einmal an dieser Stelle zu beschäftigen, und ich verweise den sich für die Geschichte des Problems interessierenden Leser auf die Arbeit O. Frank's. An dieser Stelle will ich mich mit den Untersuchungen einiger Forscher nur insofern befassen, als sie in enger Beziehung zu den von mir ins Auge gefaßten Fragen stehen.

Es wurde also unstreitig die Bestimmung der Temperaturveränderungen in den Muskeln sehr vervollkommenet, und da die spezifische Wärme der Muskeln sich von derjenigen des Wassers wahrscheinlich sehr wenig unterscheidet, so ist es bis zu einem gewissen Grade möglich, auf Grund der Temperatur auch die Wärmeproduktion im Muskel unter diesen oder anderen Bedingungen zu berechnen, wie dies tatsächlich manche Verfasser getan haben. Eine solche Berechnung kann jedoch den gewünschten Grad der Genauigkeit nicht erreichen, weil diese Art der Wärmemengebestimmung eine ganze Reihe von Korrekturen erfordert, die in genauer Form leider nicht durchführbar sind. Hier erwähne ich nur einige: So z. B. sollte man bei der Bestimmung der Wärmemenge auf Grund der wahrgenommenen Temperatur auch wissen, ob und inwieferne die Temperatur der Thermosäule der wirklichen Temperatur des Muskels entspricht, weiter, ob alle Muskelteile die gleiche Temperatur erreichen und welches Verhältnis hinsichtlich der Wärmeproduktion zwischen den tätigen und den untätigen Muskelementen besteht, endlich, wie groß die Wärmeabnahme ist u. a. ä. Das schwierigste Pro-

¹⁾ Thermodynamik des Muskels, Ergebnisse d. Phys., III. 2. Abt., 1904, S. 348 - 514.

blem ist jedoch die Bestimmung des Verhältnisses der im Muskel entstehenden Wärmemenge zu der gleichzeitig ausgeführten Arbeit oder des Verhältnisses der Wärme im tätigen, gleichzeitig arbeitenden zu derjenigen in dem zwar aktiven, aber keine Arbeit ausführenden Muskel.

Um alle die angeführten Fragen zu beantworten, müßten wir eine solche Methode anwenden, die es gestattet, die ganze unter den verschiedensten Bedingungen vom Muskel produzierte Wärmemenge unmittelbar zu bestimmen.

Die einzige dahin führende Methode ist die kalorimetrische. Diese wurde jedoch bis auf die letzten Zeiten bei thermischen Untersuchungen des Muskels gar nicht angewendet.

Ich prüfte nun die verschiedenen Methoden, deren sich die Physiker zu kalorimetrischen Zwecken bedienen, und suchte nach einer, die sich den Bedingungen der Untersuchung lebendiger Muskeln anpassen und keinerlei Veränderung der Bedingungen in der äußeren Umgebung herbeiführen würde. Schon im Jahre 1890 beschäftigte ich mich mit einer Methode zur Bestimmung der Wärmemenge auf Grund der Flüssigkeitsverdampfung. Ich überzeugte mich, daß in dieser Hinsicht wegen des niedrigen Siedepunktes des Äthers ein auf Verdampfung dieses Körpers beruhendes Kalorimeter am zweckmäßigsten verwendet werden kann. Zu meinen ersten Versuchen bediente ich mich des gerade in jener Zeit beschriebenen Glaskalorimeters von Neesen¹⁾, der diesen Apparat zur Bestimmung der spezifischen Wärme in dem Falle verwendete, wenn nur kleine Quantitäten fester Körper zur Verfügung standen. Weil ich nun die Wärme in isolierten Muskeln des Frosches bestimmen wollte, so mußte ich von vornherein alle diese Bedingungen berücksichtigen, welche die verhältnismäßig geringe Empfindlichkeit des Apparates von Neesen wesentlich steigern würden, so daß man mit dessen Hilfe die Wärme anstatt in Kalorien in Mikrokalorien bestimmen könnte.

Dieser erste Apparat, welchen ich 1890 beschrieben habe²⁾, ermöglichte zwar die Bestimmung der Wärmemenge in den Muskeln sogar während einer einzigen Zuckung, er wies aber zugleich alle dieje-

¹⁾ Wiedemann's Annalen, Bd. 39, 1890, S. 131.

²⁾ Mikrokalorimeter. (Bull. de l'Acad. des Sciences de Cracovie, Décembre, 1890).

nigen Konstruktionsfehler des Neesen'schen Kalorimeters auf, welche vermieden werden mußten, wenn der Apparat bei exakten physiologischen Untersuchungen Anwendung finden sollte. Vor allem kam ich zu der Überzeugung, daß der Muskel, also die Wärmequelle, sich nicht in Glas, sondern in einem dünnen Metallröhrchen oder Gefäße befinden muß, damit möglichst wenig Wärme zur Erwärmung des Gefäßes selber verbraucht werde; ferner, daß das Gefäß, bezw. die Röhre in das Glasgefäß eingeschmolzen sein soll, daß der Apparat ein differentieller, daß die Kapillarröhre viel enger sein muß als im Neesen'schen Apparate (anstatt 2 mm höchstens 0·8—0·6 mm im Durchmesser), daß in solchen miteinander verbundenen Gefäßen weder Luft noch Wasserdampfspuren enthalten sein dürfen und daß der Äther höchstens nur den dritten Teil des Rauminhaltes einnimmt. Das Probemikrokalorimeter erwies sich in dieser Gestalt im Vergleich mit dem Apparat von Neesen in der Tat als viel empfindlicher, doch war es dabei in hohem Grade gegen die Einflüsse der Umgebung empfindlich. Um in dieser Hinsicht wenigstens bis zu einem gewissen Grade den Apparat unabhängig zu machen, mußten beide Glasgefäße mit den in dieselben eingeschmolzenen Platinröhren in einen geschlossenen, mit Luft erfüllten Raum gebracht werden. Diese zweite Konstruktion meines Mikrokalorimeters, mit welchem ich schon eine Reihe von Experimenten durchführen konnte, stellte ich dem XI. Internationalen Ärztekongresse in Rom¹⁾ 1894 und dem Physiologenkongresse in Wien 1910 vor. Während der Kriegszeit ist es mir gelungen, alle diese Aufgaben zu lösen, welche im Laufe der Jahre während der Untersuchung der Wärmeproduktion in den Muskeln mit Hilfe des vorher konstruierten Apparates auftauchten.

Jetzt beschreibe ich die neueste Konstruktion des Apparates dieser Art, welcher nach meiner Erfahrung mit großem Nutzen nicht nur zur Untersuchung des Muskels, sondern auch aller derjenigen Erscheinungen und Tatsachen verwendet werden kann, welche mit Wärmeproduktion verbunden und auf anderem Wege nicht zu erforschen sind.

¹⁾ Atti del XI Congresso medico internazionale Roma, 1894, Bd. II, S. 231.

I.

Das Mikrokalorimeter.

Eine Platinröhre *A* (Fig. 1) von 7 bis 8 mm Durchmesser und 45—50 mm Länge ist in eine Glasröhre *B* auf diese Weise eingelötet, daß die beiden Enden der Platinröhre *a b* in den schmälern Endteilen der um 6—8 mm beiderseits längeren Glasröhre endigen.

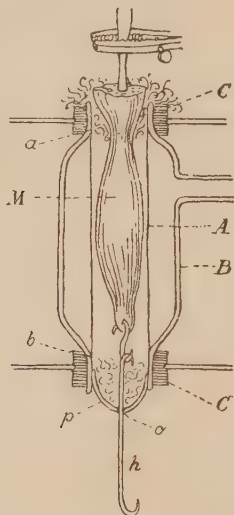


Fig. 1.

Die Platinröhre *A* ist in eine Glasröhre *B* eingelötet; *C C* Gummistöpsel.

Die Glasröhre *B* (Fig. 2) bleibt mit einer eben solchen Glasröhre *B*₁, die ebenfalls mit einer Platinröhre auf gleiche Weise versehen ist, durch eine 300 mm lange und 0.6—0.8 mm breite Kapillarröhre *c* verbunden.

Die Glasröhren *B*, *B*₁ sind mit Seitenröhren *D*, *D*₁ versehen (Fig. 2), welche zur Füllung des Apparates mit Äther dienen. Nachdem durch Verbindung der Röhren *D*, *D*₁ mit einem luftleeren Raume und durch leichte Erwärmung aller Bestandteile (*A*, *A*₁, *B*, *B*₁, *c*) in Wasser (auf 30°) die eingeführte Äthermenge auf $\frac{1}{3}$ vermindert und die beiden Röhren *D*, *D*₁ zugelötet worden sind, stellen wir den ganzen Apparat, welcher das eigentliche Kalorimeter darstellt, in eine weite Glasröhre *C* und befestigen ihn durch Gummistöpsel.

Das Kalorimeter wird auf diese Weise nicht nur vor äußeren, unmittelbaren Einflüssen geschützt, sondern auch, indem die Röhre *C* anstatt

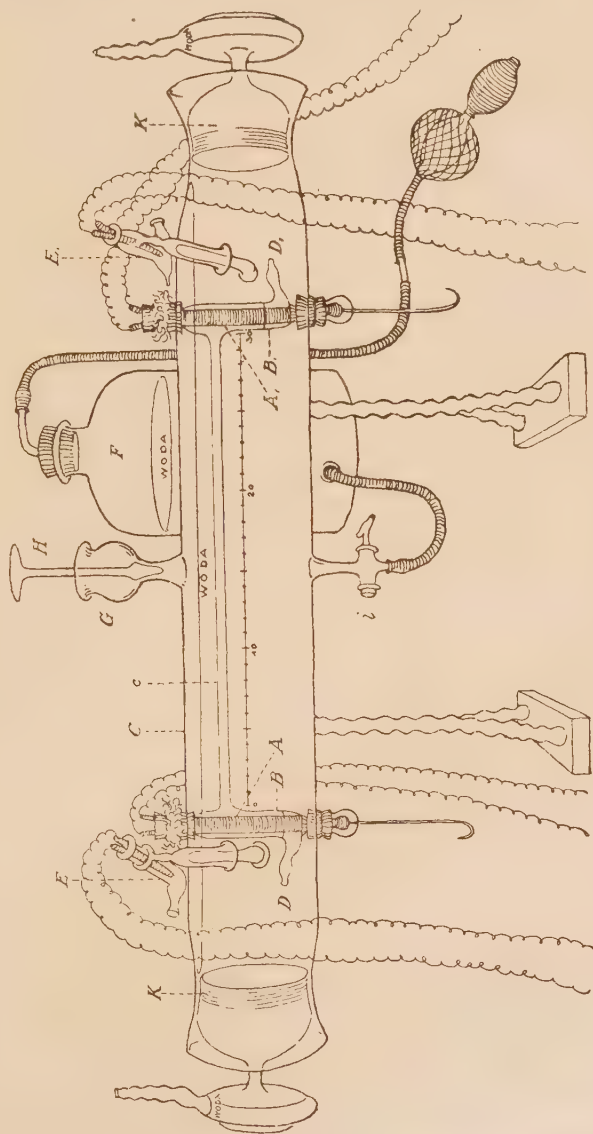


Fig. 2.
(Woda: Wasser).

mit Luft mit Wasser aus dem Gefäße *F* durch den Hahn *i* gefüllt wird, mit Wasser von derjenigen Temperatur umgeben, in welcher

das Experiment durchgeführt werden soll. Mit Hilfe einer speziellen Mischvorrichtung *E* (Fig. 3) sind wir imstande, das Wasser von Zeit zu Zeit gut umzurühren und auf diese Weise für das ganze Mikrokalorimeter eine Umgebung von völlig gleicher Tem-

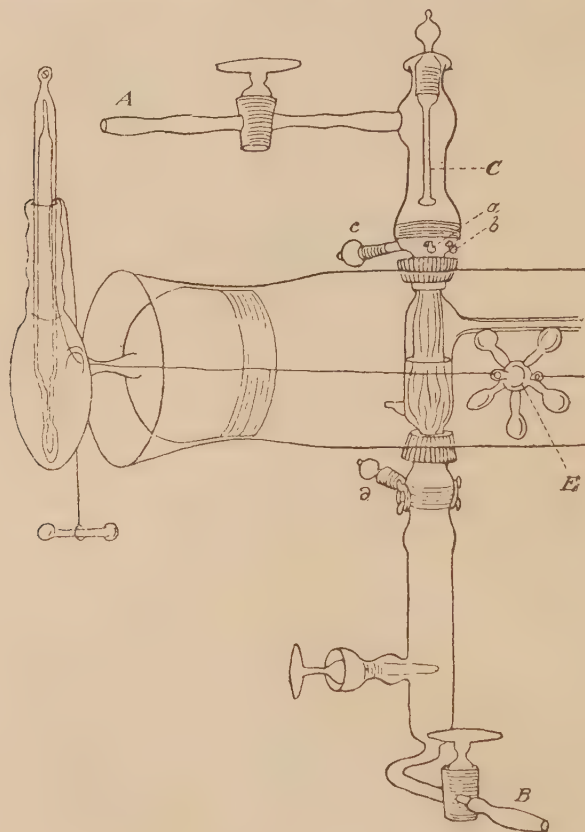


Fig. 3.

peratur zu erhalten. Der Aufsatz *G* (Fig. 2) erlaubt es, nachdem der Glasstöpsel *H* entfernt und das Wasserniveau unter die Röhre *c* erniedrigt worden ist, durch einen auf die Röhre *c* eingeführten Äthertropfen dieselbe im mittleren Teile abzukühlen und im Inneren derselben durch Kondensation des Ätherdampfes einen Tropfen zu bilden. Dieser Tropfen ermöglicht dann während des Versuches die Beurteilung, welches von den Gefäßen des Mikrokalorimeters sich erwärmt. Nachdem der Tropfen hinreichend lang (ca. 2 mm)

geworden ist, wird die Röhre *C* von neuem mit Wasser gefüllt, und der Apparat kann nun zum Experimentieren benutzt werden.

Sobald die Röhre *C* eine gleichmäßige Temperatur annimmt und der gebildete Tropfen sich nicht mehr hin- und herbewegt, verursacht die Einführung eines gewissen Quantum Wärme in eine von den Platinröhren sogleich eine Verschiebung des Tropfens in der Richtung der anderen Platinröhre. Je größer die Wärmebildung in der betreffenden Platinröhre ist, je mehr sie vor Verlusten nach außen geschützt ist, desto größer wird natürlich die Verschiebung sein. Bleibt die Wärmebildung aus, so verschiebt sich auch der Tropfen nicht.

In den Versuchen mit Muskeln wird selbstverständlich in die Platinröhre der Muskel *M* eingeführt (Fig. 1). Um in beiden Röhren in möglichst kurzer Zeit die gleiche Temperatur zu erreichen, ist es ratsam, zwei Muskeln zugleich zu nehmen und entweder nur mit einem von ihnen zu experimentieren und den anderen, sozusagen, als Zeugen zu lassen, oder nacheinander auf einmal zwei Experimente auszuführen und auf diese Weise die Möglichkeit einer gegenseitigen Vergleichung zweier Muskeln eines und desselben Individuums oder zweier verschiedener Individuen zu erlangen.

Wenn man bei der Füllung des Apparates mit Äther im Raum über demselben den höchsten möglichen Verdünnungsgrad der Luft erreicht hat, so ist die Empfindlichkeit des Apparates so groß, daß trotz scheinbar völlig gleicher Bedingungen der Umgebung und trotzdem das Wasser fleißig umgerührt wird und man lange genug wartet u. s. w., der Tropfen nur in sehr seltenen Fällen zur Ruhe kommt. Um in dieser Hinsicht unabhängig zu sein und Zeit zu sparen, war die Einführung einer speziellen Einrichtung unumgänglich, welche eine Ausgleichung der Temperaturdifferenzen beider Teile des Mikrokalorimeters, d. h. beider Gefäße erlaubte. Diese Einrichtung bezeichnete ich, analog zu einer ähnlichen bei elektrischen Untersuchungen, als *Kompensation*, da ich dieses Ziel ganz analog wie bei elektrischen Kompensatoren erreichte (Fig. 4). In beide Röhren führte ich ständig zwei kleine Widerstände *o* ein, die aus der Schlinge eines dünnen, im Innern der Platinröhren an der Wand isoliert verlaufenden Platindrahtes bestanden. Diese Widerstände stehen in Verbindung mit dem Rheochord *R* (Kontakte *c d*) mit Hilfe entsprechender Schlüssel *K, K, K₀, K₀* und des Polkommütators *P* ohne Kreuzung. Das Rheochord ist einerseits durch die

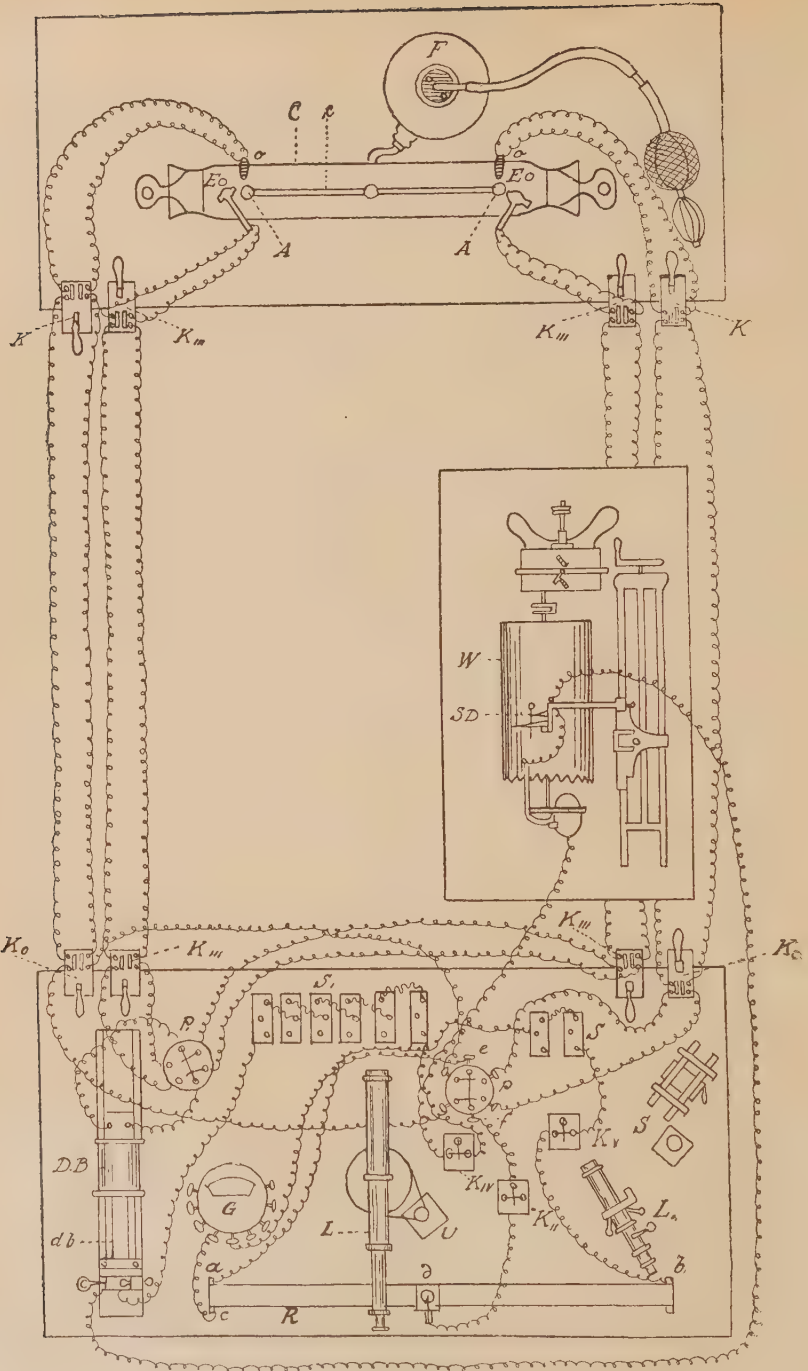
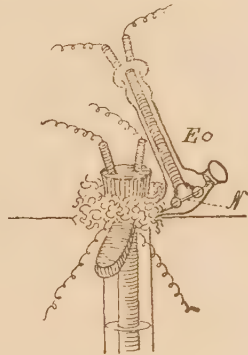


Fig. 4.

Kontakte a , b und den Schlüssel K_V mit der Akkumulatorenbatterie S_I , anderseits durch die Kontakte $c d$ mit dem Milliampèremeter G und dem Kommutator P in dessen mittlerem Punkte $e f$ verbunden. Diese letzte Verbindung hat ihren eigenen Schlüssel K_{II} . Wenn also nach der Einführung der unten und oben mit einer Eiderdunenschicht umgebenen Muskeln nach einigen Minuten das Wärmegleichgewicht beider Gefäße nicht eintritt, schließen wir den Schlüssel K_{II} und entfernen den verschiebbaren Kontakt d vom Punkte a so lange, bis die Stromintensität so weit wächst, daß die durch den kompensierenden Widerstand hervorgerufene Erwärmung des kälteren Ge-



• Fig. 5.

faßes, welches durch P mit dem Rheochord R verbunden bleibt, das Gleichgewicht herbeiführt. Tritt das Gleichgewicht ein und bleibt der Tropfen eine Zeitlang in Ruhe, so können wir mit dem eigentlichen Versuch beginnen.

Wenn wir die Tätigkeit der aktiven Muskeln oder den Einfluß der Belastung untersuchen wollen, befestigen wir an das untere Ende des Muskels ein Häkchen h (Fig. 1), welches ohne große Reibung durch die Öffnung o in einem speziellen, gläsernen Ansatz p hindurchläuft. Zur Reizung des Muskels (gewöhnlich durch Nerven) verwendete ich Elektroden von Ostroumoff Eo , Eo (Fig. 4), in welche ich außerhalb des Mikrokalorimeters den Muskelnerven einführte; der Muskel selbst befand sich in der Platinröhre.

Um ein Austrocknen des Nerven zu vermeiden, wurden die Ostroumoff'schen Elektroden Eo (Fig. 5) so angebracht, daß sie mit dem einen Ende diesen Teil des Schenkels berührten, von wel-

chem sich der Nerv über der Platinröhre abzweigte; der Nerv N lag in der Elektrode auf Platindrähten und das äußere Ende der Elektrode war mit feuchter Watte verstopft. Diese Elektroden waren mit Hilfe der Schlüssel K_{III} (Fig. 4) und des Kommutators P_I mit der zweiten Spule des du Bois-Reymond'schen Induktionsapparates DB verbunden. Um die Dauer oder den Augenblick des Reizes bestimmen zu können, war die erste Induktionsspule db mit der Batterie S_I und mit dem Deprez-Signal SD verbunden, welcher auf einem Zylinder W die Schwingungen des Hämmerchens der Spule aufschrieb oder die einzelnen Kontraktionen notierte.

Um womöglich die Luftbewegung und den ungleichmäßigen Einfluß der Untersuchenden auf beide Teile des Mikrokalorimeters zu vermeiden, beobachtete man die Tropfenbewegung in der Kapillare c durch ein Fernrohr L (Fig. 4). Die Einrichtung U gestattete die Drehung des Fernrohrs in der Weise, daß sich der eine oder der andere Rand des Tropfens immer auf der Linie des Haares im Fernrohrkular befand; so war es nun mit Hilfe des Fernrohrs möglich, die Einteilung der Skala genau abzulesen und die Lage des Tropfens zu bestimmen.

Zur Kalibrierung des Apparates dienten zwei spezielle Widerstände, die in den das obere Ende der Platinröhren verschließenden Stöpseln befestigt waren. Die Kalibrierung führte ich vor jedem Versuche durch. Diese Vorsichtsmaßregel war deshalb unentbehrlich, weil, wie es sich im Laufe der Experimente herausstellte und ich auch bis zu einem gewissen Grade vorausgesehen hatte, die Empfindlichkeit des Apparates von der Temperatur, in welcher experimentiert wird, abhängig ist. Die Kalibrierung des Apparates erfolgte auf folgende Weise: in beide Gefäße des Kalorimeters setzte ich die Kalibrierungswiderstände ein; nun wurden die Platinröhren oben durch Stöpsel geschlossen, von außen und unter dem Stöpsel mit Eiderdunen belegt und auf dieselbe Weise auch die untere Öffnung geschlossen. Nach einiger, zum Temperatúrausgleich beider Gefäße hinreichender Zeit bildete ich den Tropfen und hielt ihn mit Hilfe der Kompensationseinrichtung auf einer Stelle fest. blieb der Tropfen einige Minuten lang unbeweglich, so schloß ich den Strom von einer gewissen Intensität durch einen Widerstand auf gewisse Zeit. Diese Zeit bestimmte ich entweder direkt mit Hilfe eines Handchronometers, wenn es sich um einige Sekunden han-

delte, oder ich schrieb sie auf einer Trommel auf, welche den Strom auf gewisse Zeit, wenn dieselbe verhältnismäßig kurz war, automatisch schloß. Die Verschiebung des Tropfens wurde, wie oben erwähnt, mit Hilfe eines Fernrohrs abgelesen.

Um die Eigenschaften meines Apparates genau kennen zu lernen, machte ich eine lange Reihe von Versuchen mit konstanter Wärmequelle in der Form eines durch die eben erwähnten Widerstände hindurchfließenden Stromes und untersuchte die Verschiebung des Tropfens hinsichtlich: 1) des Einflusses verschiedener Wärmemengen, und 2) der Zeit der Wirkung einer bestimmten konstanten Wärmequelle, also im gegebenen Falle der Elektrizität. Obwohl ich eine lange Reihe von Experimenten dieser Kategorie mit verschiedenen Apparaten ausgeführt habe, waren die Resultate immer analog; ich beschränke mich also auf Angabe einiger Beispiele, die zur Charakterisierung des Apparates vollständig genügen und zugleich das Verfahren zeigen, bei welchem die mit Hilfe dieses Apparates erhaltenen Resultate als genügend exakt betrachtet werden können; jedenfalls stehen sie der Wirklichkeit viel näher als alle bisher mit Hilfe anderer Apparate erhaltenen Werte.

A) Experimente mit veränderlicher Stromintensität und konstanter Schließungsdauer.

Experiment I.

Kalorimeter N. 14. Zimmer- und Wassertemperatur 15°. In die linke Röhre wurde ein Widerstand von 13·593, in die rechte von 13·183 Ohm eingeführt. Der Strom wurde mit der Hand auf 4'' geschlossen und die Zeit mit dem Chronometer bestimmt.

Linker Widerstand

Stromintensität	0·02	0·03	0·04	0·05
Mittlere Tropfenverschiebung aus zwei Versuchen	7	15	27·5	43·25

Rechter Widerstand

Stromintensität	0·02	0·03	0·04	0·05
Mittlere Tropfenverschiebung aus zwei Versuchen	7	14·5	27·75	42·50

Die Menge der produzierten Wärme wurde in allen diesen Fällen auf Grund der Formel:

$$C = i^2 \cdot W \cdot 0.24 \cdot t$$

berechnet; sie betrug im linken Gefaße:

Stromintensität	0.02	0.03	0.04	0.05
Mikrokalorien	5.219	11.74	20.87	32.62

im rechten Gefaße:

Stromintensität	0.02	0.03	0.04	0.05
Mikrokalorien	5.062	11.390	20.248	31.639

Dividieren wir die erhaltenen Wärmemengen durch entsprechende Zahlen, welche die Verschiebung des Tropfens darstellen, so bekommen wir die Wärmemenge, welche die Verschiebung des Tropfens um 1 mm bewirkt, also einen Koeffizienten, welchen ich als „Empfindlichkeit“ bezeichnet habe. In diesem Versuche haben wir folgende Empfindlichkeit:

für die linke Röhre:

Stromintensität	0.02	0.03	0.04	0.05
Empfindlichkeit	0.75	0.78	0.75	0.75

mittlere Empfindlichkeit = 0.76,

für die rechte:

Stromintensität	0.02	0.03	0.04	0.05
Empfindlichkeit	0.72	0.78	0.72	0.74

mittlere Empfindlichkeit = 0.74.

Die auf diese Weise berechnete Empfindlichkeit ist eigentlich ein reziproker Wert der wirklichen, weil die erhaltenen Zahlen bei gleichen Wärmemengen desto größer sind, je kleiner die Verschiebung. Diese Art der Berechnung habe ich einzig und allein deshalb gewählt, weil sie bequemer ist als diejenige mit Hilfe der Zahl, welche angibt, um wieviel Millimeter sich der Tropfen bei der Wirkung einer Mikrokalorie verschiebt; im ersteren Fall kommen nämlich Multiplikationen, im letzteren Divisionen vor. Für diese zweite Zahl erhalten wir auf Grund des bereits angeführten Versuches folgende Werte:

für das linke Gefäß	1.34	1.27	1.31	1.32
„ „ rechte „	1.38	1.27	1.36	1.34

die mittlere für das linke = 1.31,

„ „ „ „ rechte = 1.33.

Beim Ausmessen einer gegebenen Wärmemenge würde man bei Anwendung der einen oder der anderen Rechnungsweise selbstverständlich identische Resultate erhalten, wenn die Koeffizienten genau und nicht infolge von Abrundung mit einem geringen Fehler

behaftete Werte darstellen würden. Wenn für eine und dieselbe Wärmemenge bei verschiedenen Experimenten nicht ganz übereinstimmende Werte erhalten werden, so müssen die Unterschiede von Beobachtungsfehlern oder auch von gewissen Mängeln des Apparates herrühren. So betrug z. B. die Verschiebung des Äthertropfens nach Einwirkung eines Stromes von 0.03 Amp. während 4'' bei Anwendung des linken Widerstandes 15 mm, bei der des rechten 145 mm. Dies gibt beim Multiplizieren mit 0.76 bzw. 0.74:

für das linke Gefäß 11.30, für das rechte 10.63 Mikrokalorien, beim Dividieren durch 1.31, bzw. 1.34:

für das linke Gefäß 11.44, für das rechte 10.90 Mikrokalorien.

Die wirklich produzierte Wärmemenge betrug aber in diesem Falle:

in dem linken Gefäß 11.74, in dem rechten 11.39.

Wie man sieht, unterscheiden sich die berechneten Wärmemengen sehr wenig voneinander und stehen den wirklichen sehr nahe¹⁾.

Experiment II.

Kalorimeter N. 14. Zimmer- und Wassertemperatur 17.5°; in die linke Röhre wurde der linke Widerstand von 13 246 Ohm eingeführt, die rechte Röhre wurde mit Flaum oben und unten verstopft. Der Strom wurde mit der Hand auf 5'' geschlossen.

¹⁾ Im XV. Bd. der „Ergebnisse der Physiologie“ (1916), welchen ich zu meinem großen Bedauern schon nach Vollendung dieser Arbeit und ihrer Vorlegung in der Akademie der Wissenschaften in Krakau erhalten habe, nimmt A. V. Hill von vornherein, ohne irgend welche Experimente an, daß mein Kalorimeter, ähnlich wie dasjenige von Blix, wegen beträchtlicher Wärmeverluste nicht imstande sei, exakte Resultate zu geben. Der angeführte Versuch widerspricht gänzlich dieser Annahme, und eine ganze Reihe von anderen Experimenten, welche mit diesem Kalorimeter ausgeführt wurden, haben mich überzeugt, daß die Wärmeverluste, welche darin vorkommen, die Genauigkeit der Resultate nicht wesentlich beeinträchtigen. Die Vorteile, welche mein Apparat bietet, beruhen darauf, 1) daß der Temperaturunterschied in meinem Kalorimeter und in der Umgebung in der Regel sehr gering ist, jedenfalls aber unvergleichlich geringer als im Hill'schen Apparate, 2) daß nicht die ganze Wärme, wie ich schon erwähnt habe, zur Erwärmung des Gefäßes und des darin enthaltenen Äthers, sondern teilweise zur Ätherverdampfung verbraucht wird, 3) daß ich die Wärmebestimmung auf Grund der empirischen Bestimmung der Empfindlichkeit vornahm, und zwar selbstverständlich womöglich bei gleichen Bedingungen, wie später, wenn das Kalorimeter zur Beurteilung anderer Wärmequellen verwendet wurde.

Stromintensität	0·01	0·015	0·017	0·021	0·0225	0·0238	0·025
Mittlere Verschiebung des Tropfens aus zwei Beobachtungen	2·5	6	7·5	11·5	13	14·5	16·25
Wärmemenge in Mikrokalorien	1·58	3·57	4·59	7	8·04	9	9·93
Empfindlichkeit	0·63	0·59	0·61	0·60	0·61	0·62	0·61
Mittlere Empfindlichkeit = 0·61.							

Experiment III.

Kalor. N. 10. Zimmer- und Wassertemperatur 15°; der Strom wurde auf 5'' geschlossen; im linken Gefäß ein Widerstand von 1·36 Ohm, das rechte Gefäß durch den zweiten Widerstand geschlossen.

Stromintensität	0·030	0·052	0·060	0·072	0·084	0·089	0·094
Verschiebung	2	6	8·5	11	16	19	20
Wärmemenge	1·46	4·46	5·87	8·46	11·515	12·92	14·42
Empfindlichkeit	0·73	0·73	0·69	0·77	0·72	0·68	0·72

Mittlere Empfindlichkeit = 0·72 Mikrokalorien.

Die Unterschiede der Empfindlichkeit in einzelnen Bestimmungen können von den Beobachtungsfehlern herrühren, u. zw. 1) von einer geringen Ungenauigkeit in der Bestimmung der Stromintensität, welche durch Ungenauigkeit des verwendeten Milliampèremeters bedingt wäre, 2) von kleinen, in der Zeitbestimmung direkt mit dem Chronometer unvermeidlichen Ungenauigkeiten. Diese Fehlerquelle hätte zwar durch automatisches Stromschließen und graphische Zeitbestimmung auf dem Zylinder vermieden werden können, was auch in manchen Experimenten geschah, aber diese Korrektur war, wie es scheint, von nur geringer Bedeutung. Eine strengere Untersuchung dieser Ungenauigkeit zeigte, daß ihre Hauptquelle doch wahrscheinlich im Apparate selbst zu suchen sei; es ist dies nämlich eine gewisse Differenz im Dampfdrucke des Äthers, die in beiden Gefäßen auch dann besteht, wenn der Tropfen in der Kapillare in Ruhe verharrt. Das ist ein Druck, der nicht imstande ist, den Tropfen zu verschieben, und doch als Differenz bleibt und im Tropfen sozusagen eine „Tendenz“ zur Bewegung in gewisser Richtung bewirkt. Dies kann leicht nachgewiesen wer-

den. Wenn der Äthertropfen aufhört sich zu verschieben, so könnte man selbstverständlich annehmen, daß der Druck in beiden Gefäßen gleich ist; wenn wir aber mit Hilfe eines schwachen Stromes das eine oder das andere Gefäß erwärmen, kommen wir zu einem anderen Resultat. Erwärmen wir das Gefäß, welches vorher den höheren Druck, bezw. eine etwas höhere Temperatur aufwies, so bewegt sich der Tropfen schneller über eine größere Strecke in der Richtung des anderen Gefäßes, als in dem Falle, wenn mit derselben Wärmemenge das andere Gefäß erwärmt wird. Trotz der Ruhe des Tropfens blieb also auf der einen Seite eine gewisse Tendenz zur weiteren Verschiebung übrig, welche erst dann zum Vorschein kommt, wenn sie vergrößert wird. Obwohl also während des Versuches, z. B. während des Kalibrierens des Apparates, zwischen zwei Versuchen eine gewisse Zeit verfließt, obwohl der Tropfen selbständig in den Ruhezustand übergeht oder infolge der Kompensation aufgehalten wird, bleibt doch eine gewisse Tendenz zur Bewegung in dieser oder anderer Richtung zurück, und die Nichtbeachtung derselben ist ohne Zweifel die größte Fehlerquelle. Um nun diese Fehlerquelle nach Möglichkeit einzuschränken, verfuhr ich folgendermaßen: Am Beginn der Untersuchung notierte ich zuerst die Richtung, in welcher sich der Tropfen entweder spontan oder infolge der Kompensation bewegte. Als ich, nachdem der Tropfen zur Ruhe gekommen war, zu experimentieren anfang, z. B. den Strom auf einige Zeit schloß, um eine gewisse Wärmemenge zu bilden, schloß ich ihn entweder im rechten oder im linken Gefäß, um für denselben Widerstand und dasselbe (das rechte oder das linke) Gefäß einmal die Bewegung des Tropfens in der früheren, das andere Mal in der entgegengesetzten Richtung hervorzurufen. Auf diese Weise erhalten wir unter dem Einflusse der gleichen, in gleicher Zeit wirkenden Wärmemenge zwei nicht völlig gleiche Verschiebungen, und das Mittel von diesen beiden Beobachtungen wird mit der Wirklichkeit fast zusammenfallen; bei vorsichtigem Vorgehen erhalten wir sehr kleine Empfindlichkeitsdifferenzen.

B) Experimente mit konstanter Stromintensität und veränderlicher Schließungsdauer.

In der zweiten Reihe von Versuchen, in denen ich die Kontrolle des Apparates im Auge hatte, war die Wärmequelle konstant,

dagegen die Dauer ihrer Wirkung veränderlich. Aus dieser Reihe folgte, daß die Verschiebungen des Tropfens anfangs bei kleinen Zeitdifferenzen 1'', 2'', 3'' fast der Zeit proportional sind. Wenn dagegen die Wirkung der Wärme bedeutend länger dauert: 5'', 10'', 15'' u. s. w., werden die Verschiebungen des Tropfens verhältnismäßig immer kleiner.

Wenn wir eine Reihe solcher Bestimmungen ausführen, eine Reihe von Verschiebungen des Tropfens, welche gewissen Zeitgrößen entsprechen, erhalten und die Zeiten als Abszissen, dagegen als Ordinaten die Zahlen auftragen, welche in Millimetern die Tropfenverschiebung in gegebener Zeit angeben, so erhalten wir nach entsprechender Verbindung der Punkte eine Kurve, die sich immer mehr zur Abszissenachse neigt. An dieser Kurve sehen wir, daß die Bewegung des Tropfens mit der Verlängerung der Wirkungszeit derselben Wärmequelle gleichmäßig verlangsamt wird. Am Anfange meiner Untersuchungen mit dem Mikrokalorimeter habe ich dies nicht erwartet; ich war nämlich der Meinung, daß in dem Gefaße oberhalb des Äthers der Raum völlig mit Ätherdampf gesättigt sein muß. Wenn also der Äther in einem Gefaße infolge der Erwärmung verdampft und infolge des steigenden Druckes die Verschiebung des Tropfens in der Kapillare in der Richtung des anderen Gefäßes hervorruft, so wird in diesem infolge des immer größer werdenden Druckes der Ätherdampf verflüssigt werden und deshalb wird: 1) die Tropfenverschiebung mehr oder weniger gleichmäßig bleiben, 2) mit dem Aufhören der Wärmewirkung im ersten Gefaße der Tropfen an der Stelle, wohin er gekommen ist, verbleiben. Keine von diesen beiden Annahmen hat sich jedoch bestätigt; in allen 14 Kalorimetern, mit denen ich experimentierte, wurde die Tropfenverschiebung, obwohl die in den Gefäßen zurückgebliebenen Luftreste sehr verschieden waren — in einigen Kalorimetern nur Spuren — mit der Zeit immer gleichmäßig verlangsamt; nach dem Augenblicke, in welchem die Wärme in einem der Gefäße zu wirken aufhörte, blieb der Tropfen nicht an der erreichten Stelle stehen, sondern begann sogleich eine Rückbewegung und nach etwa 5—8 Minuten kehrte er in seine anfängliche Lage zurück. Ohne eine Erklärung aller dieser offenbar komplizierten Erscheinungen zu versuchen, möchte ich nur bezüglich der mit der Dauer des Experimentes abnehmenden Empfindlichkeit die Vermutung aussprechen, daß bei den sehr kleinen Druckdifferenzen, um welche

es sich handelt, der Ätherdampf sich wie ein permanentes Gas verhält, d. h. daß, wenn der Tropfen in der Kapillarröhre sich in der Richtung des kälteren Gefäßes bewegt, der Ätherdampfdruck darin wächst, so daß, wenn das eine Gefäß erwärmt wird, der Druck in beiden steigt; es ist also klar, daß der in der Kapillarröhre sich bewegende Tropfen deshalb einen immer größeren Widerstand überwinden muß und infolgedessen, je länger sich in einem Gefäße Wärme entwickelt, desto mehr sich die Bewegung des Tropfens in der Richtung der zweiten Gefäßes verzögert.

Mag diese Erklärung richtig sein oder nicht, für mich unterliegt es keinem Zweifel, daß mein Apparat zuverlässige Resultate liefert, wenn man nur vor Anwendung desselben zum Messen unbekannter Wärmemengen die Verschiebung des Äthertropfens unter der Einwirkung bekannter Wärmemengen bei verschiedener Dauer des Experimentes feststellt, und dies ist bei meinen Versuchen jedesmal geschehen.

Ich beschränke mich wieder nur auf einige Beispiele, weil die mehrmals mit verschiedenen Mikrokalorimetern ausgeführten Versuche immer zu denselben Resultaten geführt haben.

Experiment IV.

Zimmer- und Wassertemperatur 15°, linker Widerstand 13·593, rechter 13·183 Ohm, Stromintensität 0·03 Amp.

Linker Widerstand.

Tafel I.

Dauer der Stromwirkung	4"	6"	8"	10"	15"	30"	60'
Die entwickelte Wärmemenge	11·736	17·60	23·472	29·34	44·01	88·02	176·04
Mittlere (aus 4 Beobachtungen) Verschiebung des Tropfens	16·5	23·37	29·5	34·5	47	73·87	120·5
Empfindlichkeit (Wärmemenge, die der Verschiebung um 1 mm entspricht)	0·70	0·75	0·79	0·85	0·93	1·19	1·46

Auf Grund dieser Zahlen wurden 2 Kurven konstruiert: eine für die Verschiebungen und eine andere für die Empfindlich-

keiten. Durch eine Reihe von Versuchen überzeugte ich mich, daß die Empfindlichkeitskurve mit sehr großer Annäherung, und zwar in Fällen, in denen die Wirkung der Wärmequellen 45"—60" nicht überschreitet, durch die Formel

$$a + bt = \text{Empfindlichkeit}$$

ausgedrückt wird. Auf diese Weise war es möglich, auf Grund zweier Empfindlichkeitsmessungen, die zwei verschiedenen Zeitperioden entsprachen, die ganze Kurve, also die Empfindlichkeiten zu jeder anderen Zeit zu berechnen. Diese Berechnungen gaben nicht nur in diesem Experimente, sondern auch in einer Reihe anderer eine so große Übereinstimmung mit den Beobachtungen, daß ich darauf alle Bestimmungen meiner kalorimetrischen Untersuchungen stützen konnte.

Wenn wir in dem soeben beschriebenen Experimente a und b z. B. aus den Beobachtungen bei 6" und 15" berechnen, so finden wir $a = 0.63$, $b = 0.62$. Die auf dieser Grundlage berechneten Empfindlichkeiten sind folgende:

Tafel II.

Dauer	4"	6"	8"	10"	15"	30"	60"
Beobachtete Empfindlichkeit	0.70	0.75	0.79	0.85	0.93	1.19	1.46
Berechnete Empfindlichkeit	0.71	0.75	0.79	0.83	0.93	1.23	1.83
Differenzen	+0.01	0	0	—0.02	0	+0.04	+0.37

Wie man sieht, kommt eine größere Differenz nur bei 60" vor.

Experiment V.

Temperatur 15°. Im rechten Gefäße Widerstand 13.183 Ohm. Stromintensität 0.03 Amp. Die Wirkung der Wärmemenge wurde in gleichen Zeitperioden wie vorher untersucht; a und b bestimmte man aus der Empfindlichkeit bei 4" und 30". In diesem Falle war $a = 0.6772$, $b = 0.0157$. Das Resultat des Experimentes wird durch die Tafel III dargestellt.

Tafel III.

Dauer der Strom- wirkung	2"	4"	6"	8"	10"	15"	30"	60"
Die in dieser Zeit entstandenen Wärme- mengen in Mikrokal.	5·699	11·398	17·08	22·773	28·467	42·7	85·4	170·8
Verschiebung des Tropfens (mittlere aus vier Beobachtungen)	7·81	15·25	21·25	27·5	33·25	45·56	74·25	112·75
Beobachtete Emp- findlichkeit	0·72	0·74	0·80	0·82	0·85	0·93	1·15	1·51
Berechnete Emp- findlichkeit	0·70	0·74	0·77	0·80	0·834	0·91	1·148	1·619
Differenzen	-0·02	0	-0·03	-0·02	-0·016	-0·02	-0·002	+0·109

Experiment VI.

Zimmer- und Wassertemperatur 16°. Im rechten Gefäße Widerstand 13·183 Ohm, Stromintensität 0·03 Amp., a und b bestimmt aus der Empfindlichkeit für 6" und 30"; $a = 0·6076$, $b = 0·0104$.

Tafel IV.

Dauer der Strom- wirkung	2"	4"	6"	8"	10"	15"	30"	60"
Die in dieser Zeit entwickelte Wär- memenge	5·69	11·39	17·08	22·78	28·47	42·71	85·42	170·85
Verschiebung des Tropfens (mittlere aus zwei Beob.)	9·33	18·40	25·5	32·33	37·30	52·1	92·5	139·5
Beobachtete Emp- findlichkeit	0·610	0·618	0·670	0·704	0·760	0·819	0·920	1·220
Berechnete Emp- findlichkeit	0·620	0·640	0·670	0·690	0·710	0·760	0·920	1·230
Differenzen	+0·010	+0·022	0	-0·114	-0·050	-0·059	0	+0·010

Experiment VII.

Zimmer- und Wassertemperatur 17°, rechter Widerstand 13·674 Ohm, Stromintensität 0·025 Amp., a und b bestimmt aus der Empfindlichkeit bei 6" und 60"; $a = 0·538$, $b = 0·012$.

Tafel V.

Dauer der Stromwirkung	4"	6"	8"	10"	15"	30"	60"	120"
Die in dieser Zeit entwickelte Wärmemenge	8.20	12.30	16.40	20.50	30.75	61.50	123	246
Verschiebung des Tropfens (mittlere aus zwei Beobachtungen)	13	20	26	31	38.25	63	97	137.7
Beobachtete Empfindlichkeit	0.63	0.61	0.63	0.660	0.80	0.97	1.26	1.78
Berechnete Empfindlichkeit	0.58	0.61	0.63	0.658	0.71	0.89	1.256	1.97
Differenzen	-0.05	0	0	-0.002	-0.09	-0.08	-0.004	+0.19

Trotz der im letzten Experimente verhältnismäßig bedeutenden Zeitdifferenzen konnte man, wie wir sehen, die Empfindlichkeit für die dazwischenliegenden Zeiten der Wärmewirkung im Mikrokalorimeter mit genügender Genauigkeit bestimmen.

Auf Grund des letzten Experimentes wollen wir ein Beispiel für Berechnung einer unbekannten Wärmemenge anführen. Wie aus der Tabelle zu ersehen ist, betrug die Wärmemenge, welche nach 10" eine Verschiebung von 31 mm hervorgerufen hat: $0.025^2 \cdot 13 \cdot 674.0 \cdot 24.10'' = 20.50$ Mikrokalorien. Nehmen wir an, daß uns die betreffende Stromintensität unbekannt war und wir die Wärmemenge, welche die Verschiebung des Tropfens um 31 mm hervorgerufen hat, bestimmen wollen. Haben wir am Anfang des Experimentes aus zwei Messungen die Koeffizienten a und b berechnet, so können wir mittels dieser Koeffizienten die Empfindlichkeit des Kalorimeters bei der Wirkung der Wärmequelle durch 10" aus der Gleichung

$$a + bt = \text{Empfindlichkeit}$$

berechnen. War a im gegebenen Versuche $= 0.538$, $b = 0.012$, so war die Empfindlichkeit $= 0.538 + 0.012 \cdot 10 = 0.658$. Indem wir die Empfindlichkeit, d. h. die Wärmemenge, welche den Tropfen um 1 mm verschiebt, mit 31 multiplizieren, bekommen wir die durch unbekannte Wärmequelle produzierte Anzahl von Mikrokalorien:

$$0.658 \cdot 31 = 20.398 \text{ Mikrokalorien.}$$

Der Unterschied zwischen der wirklich produzierten und der berechneten Wärmemenge beträgt nur 0.102 Mikrokalorien, also ca. 0.5%. Selbst wenn diese Zahl infolge der unvermeidlichen Beobachtungsfehler in der Bestimmung der Stromintensität und der Wirkungsdauer, 10-mal größer wäre, was nicht vorgekommen ist, würde doch der beschriebene Apparat ohne Zweifel an Genauigkeit alle bisherigen Apparate dieser Art übertreffen; ich übergehe schon den Prototypus der Apparate dieser Art, das Kalorimeter von Neesen und das auf derselben Grundlage konstruierte Luftkalorimeter von Blix, der, obwohl er sein Differentialkalorimeter 15 Jahre nach meinen und nach Neesen's Versuchen konstruierte, sich nicht einmal Mühe gibt, uns zu erwähnen; aber sogar das Differentialmikrokalorimeter Hill's, welches auf einem ganz anderen Prinzip beruht, läßt sich hinsichtlich der Empfindlichkeit und Genauigkeit mit dem beschriebenen Apparate nicht vergleichen. Zweifellos ist von allen bisherigen Proben diejenige von Hill die rationalste; seine Methode kann jedoch nur auf Muskelmassen, die mehrere Gramm schwer sind, nicht aber auf einen einzelnen Muskel von 0.5 g Anwendung finden; zur Untersuchung der einzelnen Zuckungen oder eines kurzdauernden Tetanus kann sie überhaupt nicht verwendet werden. Der oben angeführte Versuch, den jeder Forscher wiederholen kann, zeigt, wie unrichtig die Behauptung Hill's¹⁾ ist, daß mein Apparat infolge der beträchtlichen Wärmeverluste keine Anwendung finden könne.

Mein Apparat hat noch diesen großen Vorzug, daß mit dessen Hilfe die Untersuchung der Muskeln fast in natürlichen Bedingungen vorgenommen werden kann; man kann den Muskel sogar, ohne ihn vom Schenkel abzuschneiden, in das Mikrokalorimeter bringen, wobei das Mikrokalorimeter selbst für ihn eine feuchte Kammer ist; infolgedessen bleibt der Muskel während der Untersuchung in möglichst frischem Zustande und ist der Wirkung schädlicher Faktoren mit Ausnahme von feuchter Luft nicht ausgesetzt. Ich kann nämlich schon mit Rücksicht auf osmotische Einflüsse keineswegs die Behauptung Hill's akzeptieren, daß Salzlösungen oder die Ringer'sche Flüssigkeit auf den Muskel keinen Einfluß ausüben, der sich in der Muskeltätigkeit kundgäbe. Mit der Zeit werde ich in der Lage sein, Experimente zum Beweis dafür

¹⁾ Ergebnisse der Physiologie, XV, 1916, S. 349.

anzuführen, daß in Wirklichkeit gegen isolierte Muskeln sogar angeblich gänzlich gleichgültige Flüssigkeiten nur scheinbar gleichgültig sind, tatsächlich aber nicht ohne Einfluß auf die Wärmeproduktionsfähigkeit des Muskels bleiben.

Das beschriebene Kalorimeter steht noch deshalb höher als das Hill'sche, weil es uns die Möglichkeit bietet, die Wärmeproduktion nicht nur bei verschiedenen Muskelbelastungen bei einzelnen Zuckungen oder im Tetanus, sondern auch bei isotonischer, isometrischer Zuckung, während der Arbeitsleistung zu untersuchen, mit einem Worte, weil es die Untersuchung der Thermodynamik der Muskeln unter verschiedensten Bedingungen möglich macht.

Mit Hilfe eines speziellen Ansatzes *A C B* (s. Fig. 3), der an das Gefäß des Kalorimeters oben und unten angeschlossen ist, sind wir noch imstande, die Kammer, in welcher sich der Muskel befindet, mit verschiedenen Gasen auszufüllen und auf diese Weise deren Einwirkung auf die Wärmeproduktion kennen zu lernen. Ich glaube, daß dieser Ansatz keiner speziellen Erklärung bedarf und daß er auf Grund der Zeichnung ohne weiteres verständlich ist; die Röhren *A* und *B* dienen zur Einführung eines feuchten Gases, der Stöpsel *C* zum Aufhängen des Muskels, die Drähte *a b* zum Reizen desselben, und *c d* sind Einrichtungen für Kompensationswiderstände.

II.

Wärmeproduktion in ruhenden Muskeln.

Schon seit lange war es auf Grund der Untersuchungen über den Stoffwechsel in ruhenden Muskeln bekannt, daß das Muskelgewebe Sauerstoff absorbiert und CO_2 ausscheidet. Selbstverständlich ist die Intensität dieses Stoffwechsels eine andere bei mit Nerven und Gefäßen versehenen Muskeln warmblütiger Tiere als bei ausgeschnittenen Muskeln der kaltblütigen. In einer ganzen Reihe von Versuchen wurde diese Tatsache zweifellos festgestellt. Seit Liebig hat sich mit der Bearbeitung dieser Frage eine ganze Reihe von Forschern beschäftigt wie: Matteucci, Walentin, Claude Bernard u. a. Im Jahre 1898 nimmt Fletcher¹⁾ die Untersuchung von neuem auf und beweist mit Hilfe exakter neuer

¹⁾ Fletcher M. W. The survival respiration of muscle, Journal of Physiol., Bd. 23, S. 10.

Methoden, daß der ausgeschnittene Muskel bis zum Auftreten der Totenstarre (nach dem Verfasser 6 Stunden lang) beträchtliche Mengen von CO_2 ausscheidet. Anfangs vermindert sich jedoch die Menge des ausgeschiedenen CO_2 allmählich, hält sich dann eine Zeitlang auf gleichem Niveau und wächst wieder, sobald die Totenstarre und Fäulnis beginnt. Die Mengen der ausgeschiedenen Säure sind nach Fletcher von mehreren Bedingungen abhängig, welche darauf schließen lassen, daß in den Muskeln der kaltblütigen Tiere während der Ruhe ein reger Gaswechsel stattfindet, der sich auch als Wärmeproduktion kundgibt; dieser Wechsel führt also zur Verminderung der Energievorräte des Muskels. Natürlich fehlt es, abgesehen von diesen Experimenten, schon seit lange nicht an Versuchen, die vom ruhenden Muskel produzierte Wärmemenge direkt zu bestimmen. Zu diesen Versuchen gehören die Untersuchungen von Becquerel und Breschet, von Heidenhain und anderen und in letzten Jahren die von Blix¹⁾. Obwohl der letztgenannte die Arbeit von Fletcher schon berücksichtigen mußte, kommt er dennoch auf Grund seiner Untersuchungen zu dem Schlusse, „daß nicht alle überlebenden ruhenden Frostmuskeln von nachweisbaren Wärmemengen frei bleiben, aber die meisten und besonders die bei höher temperierter Zimmertemperatur“ (a. a. O. S. 98). Die ersten wirklich exakten Experimente wurden durch A. V. Hill²⁾ mit Hilfe seines Mikrokalorimeters und, wie der Verfasser selbst versichert, einer verbesserten Untersuchungsmethode ausgeführt. Um die Versuche möglichst schnell vorzubereiten; verwendete er manchmal ganze Frösche mit Haut, zumeist aber nahm er ca. 100 g Froschschenkel ohne Haut. Diese Schenkel brachte er in die Ringer'sche Flüssigkeit oder in Kochsalzlösung, die sich in einem Gefaße seines Differentialmikrokalorimeters befand. Die Thermobüchse, von 250 cm^3 Volum, war mit schlechten Leitern umgeben und oben genau geschlossen. Die Kontrollbüchse enthielt Wasser. Die Temperaturdifferenz wurde mit Hilfe einer Thermosäule und eines empfindlichen Galvanometers bestimmt. Auf Grund der Temperaturdifferenz in den zwei Büchsen mit und ohne

¹⁾ Blix M. Studien öfver muskelvärmes II u. III, Universitetsprogramme v. Lund. Zit. n. Bürker, 1900 I. — Blix M. Studien ü. Muskelwärme, Skandinavisches Archiv 1902, XII, S. 52. Zusammenfassung d. früheren Arbeiten.

²⁾ The Heat-production of surviving amphibian muscles etc. Journal of Physiol., Bd. 44, S. 466—513.

Muskeln bestimmte er die in jener Büchse, welche Muskeln enthielt, produzierte Wärmemenge, berechnete dann die Wärme auf 1 cm³ Gewebe und auf 1 Stunde in Grammkalorien. Verwendete er ganze Frösche, so vernichtete er selbstverständlich vorher das Rückenmark. Die vom Verfasser gebrauchten Salzlösungen enthielten 0·2—0·6% Sauerstoff. Der Verfasser führt nur typische Experimente an.

Zum Vergleiche mit den Resultaten meiner Versuche erlaube ich mir, eines der Hill'schen Experimente, welches vom Verfasser als typisch betrachtet wird, anzuführen. Die von 8 Fröschen abgeschnittenen Schenkel hatten 97 cm³; die Büchse Nr. 1 hatte 250 cm³ Fassungsraum, die Menge der Ringer'schen Flüssigkeit betrug also 153 cm³ und sie enthielt 1·1% Sauerstoff. Empfindlichkeit des Galvanometers: 100 Striche = 0·324° C. Der Versuch dauerte 102 Stunden lang, die Temperatur stieg von 234 auf 415 Striche und fiel nach Hinzufügung von Chloroform auf 220. Chloroform soll, wie der Verfasser meint, die autolytischen Prozesse nicht hemmen (a. a. O., S. 470): „Autolytic changes are not stopped by chloroform“. Nach Durchführung entsprechender Korrekturen für Wärmeverluste durch die Büchsen gibt der Verfasser folgende Berechnung auf 1 Stunde und 1 cm³ Gewebe.

Von	0·3	0·55	0·80	1·0	1·5	Stunden
bis	0·55	0·80	1·00	1·50	2·0	„
Kalorien	0·36	0·20	0·15	0·12	0·08.	

Die kleinste Anzahl von Kalorien erhielt der Verfasser in der Zeit von 6—8 Stunden, nämlich 0·035. Die Anzahl der Kalorien stieg dann und erreichte in dem Zeitraum zwischen 90—100 Stunden von neuem 0·20. Der Fehler dieser Berechnungen überschritt nach dem Verfasser nicht 0·016 Kalorien auf 1 cm³ Gewebe und für 1 Stunde. Aus der ganzen Reihe von Experimenten erlaube ich mir, noch die Schwankungen der Wärmemenge, welche der Verfasser beobachtet hat, vorzuführen.

Nr. des Experimentes	in 1/2 Stunde	in 1 Stunde	Minimum		
II	0·16	0·09	nach	6 St.	0·040
III	0·10	0·16	„	2 „	0·06
IV		0·054	„	20 „	0·033
V	0·30	0·26	„	6 „	0·13
VI			„	8 „	0·033

Da ich das Resultat dieser Versuche mit den meinigen vergleichen möchte, welche höchstens 1 Stunde dauerten, rechne ich das im Laufe der ersten halben Stunde erhaltene Resultat (Experiment II) für Minuten und Sekunden um. Der Verfasser erhielt 0·16 Kalorien auf 1 cm³ in 1/2 Stunde, also 160 Mikrokalorien; das gibt auf 1 Sekunde und 1 cm³, d. h. annähernd auf 1 g, 0·088 Mikrokalorien. Diese Zahl müssen wir speziell hervorheben, weil wir sie noch einmal ins Auge fassen werden. Als der Verfasser in seinen späteren Experimenten den Einfluß des Sauerstoffs (a. a. O., S. 477, Tafel III) untersuchte, fand er nach 20 Minuten 0·60 Kalorien auf 1 cm³, oder 600 Mikrokalorien, also 0·50 Mikrokalorien auf 1 Sekunde. Diese Zahl ist besonders wichtig, weil sie, was die Bedingungen anbelangt, in welchen sie erhalten wurde, bis zu einem gewissen Grade denjenigen Bedingungen entspricht, in welchen meine Versuche ausgeführt wurden. Der Verfasser vergleicht (a. a. O., S. 481) den Temperaturabfall der Muskeln in seinem Kalorimeter mit der Verminderung von CO₂ in Fletcher's Versuchen und findet im Verlaufe dieser Erscheinungen eine gewisse Ähnlichkeit, was die Genauigkeit seiner Experimente bestätigen soll.

Um zu bestimmen, wie große Wärmemengen der ausgeschnittene, ruhende Froschmuskel produziert, experimentierte ich in meinem Apparate mit möglichst frischen Schenkelmuskeln von Fröschen (*Rana temporaria*), vorwiegend von Winterfröschen; der Muskel wurde gleich nach der Präparierung in eines der Gefäße des Mikrokalorimeters gebracht; im zweiten befand sich als „Zeuge“ entweder ein chloroformierter, auf elektrische Reize nicht reagierender Muskel von demselben oder von einem anderen, ähnlich großen Frosche oder ein in der Wärmestarre sich befindender, nachher auf die Zimmertemperatur, in welcher man experimentierte, gebrachter Muskel.

Experiment VIII.

Zimmertemperatur 12°. Kalorimeter Nr. 11. Die mittlere Empfindlichkeit des linken Gefäßes in dieser Temperatur beim Schließen des Stromes auf 5'' betrug 1·22; in die linke Kammer wurde der lebende, in die rechte der chloroformierte Muskel gebracht; die Länge des Tropfens in der Kapillarröhre betrug 2 mm. Nach 5

Minuten begann der Versuch. Die linke Kammer mit dem lebenden Muskel wird wärmer. Das Gewicht¹⁾ des lebenden Muskels = 0.62 g. 9^h 43' Tropfenaufstellung auf 137 m, die Kompensation auf 1' unterbrochen, Verschiebung 153, dann Kompensation, also die Verschiebung in der Minute 16 mm.

Nehmen wir an, daß sich die Empfindlichkeit bei einer so kleinen Verschiebung des Tropfens nicht viel änderte, so haben wir in diesem Falle als Menge der vom lebenden Muskel produzierten Wärme 35.38 Mikrokalorien, d. h. 0.589 auf 1". Vergleichen wir diese Zahl mit der von Hill erhaltenen. 0.50 Mikrokalorien, so sehen wir, daß der Unterschied nicht groß ist. Eine genaue Vergleichung ist deshalb unmöglich, weil Hill, wenn ich die Beschreibung seiner Versuche wohl verstehe, zu den Muskeln auch andere Gewebearten rechnete, also nicht nur das Bindegewebe, sondern auch die Knochen, weil er bei der Angabe des Volumens der Muskeln das Volumen der Knochen, Sehnen und anderer Gewebearten nicht in Abzug bringt.

Nach zweimal, um 9^h 55' und um 10^h hervorgerufenem Tetanus, welcher 2.46" dauerte, und später um 10^h 8' wurde der Unterschied zwischen dem lebenden und dem toten Muskel untersucht; die Wärmemenge auf 1" betrug diesmal 0.47 Mikrokalorien.

Experiment IX.

In die linke Kammer desselben Mikrokalorimeters wurde ein 0.69 g schwerer, mit Hilfe der Wärmestarre bei 40° getöteter und später auf die Zimmertemperatur abgekühlter Muskel gebracht; in der rechten Kammer befand sich ein lebender Muskel; die Belastung beider betrug 5 g; nach 5 Minuten bildete man den Tropfen und begann nun den Versuch; der lebende Muskel wurde wärmer; Kompensation; zu derselben wurde der linke kompensierende Widerstand von 1.37 Ohm verwendet; Stromintensität 0.032 Amp. Der Tropfen verharrte in Ruhe. Nach Unterbrechung der Kompensation auf 1" wurde der Tropfen in der Richtung der linken Kammer von 145 auf 108 mm verschoben; die Differenz betrug 37 mm. Da die vor dem Versuche bestimmte Empfindlichkeit des rechten Gefäßes 1.02 Mikrokalorien betrug, so konnte die zur Verschiebung des Tropfens um 37 mm erforderliche Wärmemenge

¹⁾ Das Gewicht wurde stets nach dem Versuche bestimmt.

höchstens 37.74 Mikrokalorien betragen. Um die Bewegung des Tropfens aufzuhalten, wurde, wie oben erwähnt, eine Stromintensität von 0.032 Amp. verwendet und der Widerstand betrug 1.37; infolgedessen war es mir möglich, aus der Kompensation zu berechnen, wieviel Wärme der Widerstand der linken Kammer produzieren müßte, um während der ganzen Zeit den Tropfen an derselben Stelle aufzuhalten. Diese Menge würde 20.93 Mikrokalorien betragen.

Mit demselben Muskel wiederholte man den Versuch nach 10 Minuten; Kompensation; Stromintensität = 0.030 Amp., Tropfenstellung 106 mm, nach Unterbrechung der Kompensation im Laufe einer Minute verschob sich der Tropfen auf 73 mm, also um 33 mm. Wärmemenge aus der Verschiebung = 33.66 Mikrokalorien, aus der Kompensation 18.14. Diese Zahlen nähern sich denjenigen von Hill, wenigstens in den ersten 10 Minuten; berechnen wir sie nämlich auf 1'', so finden wir

	aus der Tropfenverschiebung	aus der Kompensation
im I. Versuche	0.62 Mikrokal.	0.34 Mikrokal.
" II. "	0.56 "	0.30 "

Daraus und ebenfalls auf Grund weiterer Experimente dieser Art ergab es sich, wie schon oben erwähnt, daß, wenn sich der Tropfen in gewisser Richtung bewegt, der Druck in beiden Gefäßen nicht gleich wird, auch wenn der Tropfen durch die Wärmeentwicklung im zweiten Gefäße in seiner Bewegung aufgehalten wird; denn wir könnten immer den Tropfen mit Hilfe einer Wärmemenge aufhalten, die kleiner ist als diejenige, welche im Momente der Kompensationsunterbrechung aus der Verschiebung des Tropfens berechnet wurde. Diese Druckdifferenzen entsprechen gewissen Wärmemengen, welche in meinen Fällen untereinander fast gleich waren. In diesem Versuche z. B.

betrug im I. Falle	die Differenz	0.281 Mikrokalorien
" II. "	" "	0.259 "

Dieses Wärmequantum ist also, sozusagen, die untere Grenze der Empfindlichkeit des Mikrokalorimeters, d. h., daß bei gegebener Empfindlichkeit des Apparates, wenn die Wärmequelle weniger als 0.2 Mikrokalorien auf 1'' gibt, bei völliger Gleichheit des Druckes in beiden Gefäßen dieser durch die Wärme verursachte Druck-

überschuß nicht imstande ist, den Tropfen zu verschieben. Selbstverständlich haben diese Zahlen nur für das gegebene Kalorimeter von gegebener Empfindlichkeit und bei gegebener Umgebungstemperatur Geltung.

Experiment X.

Kalorimeter Nr. 12. Zimmer- und Wassertemperatur 17° , mittlere Empfindlichkeit des Kalorimeters für das linke Gefäß 1.53^1). Der Muskel von einem Frühlingsfrosch (einer frisch gefangenen *Rana temp.*); der linke Gastrocnemius in möglichst frischem Zustande in die linke Kammer gebracht; in der rechten Luft, von unten und oben mit Flaum abgeschlossen. Nachdem sich nach einigen Minuten der Tropfen gebildet hatte, zeigte es sich, daß der Muskel beträchtlich wärmer war als die Luft und daß zum Aufhalten des Tropfens eine verhältnismäßig große Wärmemenge in der rechten Kammer nötig war. $9^h 11'$ völlige Kompensierung und Stillstand des Tropfens; die Kompensation wurde auf $15''$ unterbrochen.

	Stellung des Tropfens	Tropfenverschiebung		Differenz
	$9^h 11'$ 134 mm	156 mm		22 mm
	$9^h 14'$ 130 "	148 "		18 "
	$9^h 17'$ 124 "	141 "		17 "
Tropfenverschiebung		22 mm	18 mm	17 mm
Aus der Empf. (1.53) berechnete				
Wärmemenge		33.66	27.54	26.1
Aus der Kompensation berechnete				
Wärmemenge ²⁾		26.10	19.20	19.20
Differenzen		— 7.56	— 8.34	— 6.90
Differenzen für $1''$		— 0.504	— 0.556	— 0.460

Dieser Versuch belehrt uns, daß auch hier eine Differenz zwischen der aus Tropfenverschiebung und der aus der Kompensation berechneten Wärmemenge besteht und daß diese Differenz in diesem Falle noch größer ist, weil das Kalorimeter weniger empfindlich war. Aus diesem Versuche folgt, daß der ruhende

¹⁾ Das Kalorimeter Nr. 12 war verhältnismäßig wenig empfindlich wegen etwas zu großer Äthermenge, die nach dem Abdampfen zurückgeblieben war, und wahrscheinlich wegen einer etwas zu großen Luftmenge, worauf die langsame Bildung des Tropfens in der Kapillare beim Abkühlen hinwies.

²⁾ $i = 0.068$ Amp.: rechter Widerstand 1.406 Ohm.

Muskel eines Frühlingsfrosches weit mehr Wärme produziert als derjenige des Winterfrosches; die Wärmemenge betrug nämlich in diesem Falle in den ersten 10 Sekunden 2·24 Mikrokalorien auf 1'' bei 0·8 g schwerem Muskel. Der rechte Muskel desselben Frosches gab völlig identische Resultate.

Experiment XI.

Kalorimeter Nr. 13. Zimmer- und Wassertemperatur 16°. Empfindlichkeit des linken Gefäßes = 1·12, rechter kompensierender Widerstand = 1·406 Ohm. Linker Muskel in der linken Kammer, die rechte leer, mit Flaum abgeschlossen. Muskel 0·4 g schwer. Die Kompensation jede Minute auf 15'' offen.

Stunde	Stromintens.	Tropfenlage	Tropfenversch.	Differenz	Wärme a. d. Komp. auf 1''	a. d. Verschieb. auf 1''
9h 38'	0·06 Amp	130 mm	145·5 mm	15·5 mm	1·21	1·12
9h 39'	0·052 "	125 "	138·5 "	13·5 "	0·91	1·0
9h 40'	0·045 "	123 "	131 "	8·0 "	0·41	0·59
9h 41'	0·035 "	118 "	125 "	7·0 "	0·324	0·52
9h 42'	0·031 "	119 "	124 "	5·0 "	0·21	0·37

Experiment XII.

Kalorimeter Nr. 13. Zimmer- und Wassertemperatur 15°. Empfindlichkeit der linken Kammer 0·76, der kompensierende Widerstand in der linken Kammer = 1·406 Ohm. Der rechte Muskel wurde mit Löschpapier abgetrocknet und in die linke Kammer gebracht. Nach 5 Minuten bildete man den Tropfen; der Muskel wurde wärmer als die Luft; Kompensation; dieselbe wurde dann auf 15'' unterbrochen; die Verschiebung in dieser Zeit wurde beobachtet und dann die Kompensation wieder geschlossen, um den Tropfen an seiner Stelle aufzuhalten.

Stunde	Stromintens.	Tropfenlage	Tropfenversch.	Differenz	Wärme a. d. Komp. auf 1''	a. d. Verschieb. auf 1''
9h 29'	0·037 Amp.	147 mm	158·5 mm	11·5 mm	0·46	0·58
9h 31'	0·030 "	149 "	155·5 "	6·5 "	0·30	0·33

Experiment XIII.

Kalorimeter Nr. 13. Zimmer- und Wassertemperatur 14·5°. Gastrocnemius eines frischen Frosches, von 0·9 g Gewicht. Der Mus-

kel in der linken Kammer, in der rechten Flaum, nach 5 Minuten Tropfen; der Muskel wurde beträchtlich wärmer. Nach vollendeter Kompensation stufenweise Abkühlung, der Tropfen kommt bei der Kompensation $i = 0.073$ Amp. zur Ruhe. Der kompensierende Widerstand rechts 1.406 Ohm. Der Muskel wurde um 9^h 45' ausgeschnitten.

Stunde	i (Stromintens.)	Wärme auf 1''
9 ^h 52'	0.073 Amp.	1.89 Mikrokal.
9 ^h 53'	0.068 "	1.41 "
9 ^h 54'	0.062 "	1.29 "
9 ^h 55'	0.055 "	1.01 "
9 ^h 56'	0.049 "	0.809 "
9 ^h 57'	0.042 "	0.59 "
10 ^h 28'	0.042 "	0.59 "

Also auch in diesem Versuche kühlt sich der ausgeschnittene, in das Kalorimeter gebrachte Muskel schnell ab; die Temperatur fällt im Laufe der ersten Minuten bis auf ein Minimum, bleibt dann längere Zeit beinahe konstant, in diesem Falle z. B. eine halbe Stunde, und weist nur kleine Schwankungen auf.

Nicht nur in den angeführten Versuchen, in denen ich gewissermaßen speziell das Verhalten des lebendigen Muskels im Verhältnis zum toten oder zur Umgebung ins Auge faßte, sondern auch in einer Reihe anderer Experimente, in denen ich mein Augenmerk auf das Verhalten des lebendigen Muskels nur gelegentlich richtete, wurde immer dieselbe Tatsache festgestellt, daß der isolierte, lebendige Muskel anfangs verhältnismäßig viel Wärme produziert, dann aber im Laufe von einigen oder mehreren Minuten die Wärmemenge auf ein gewisses Niveau, auf welchem sie fast konstant bleibt, fällt, indem sie sich allmählich nur ganz unwesentlich vermindert. Was in späteren Zeitperioden, welche Hill mit seinem Kalorimeter untersucht hat, geschieht, habe ich nicht untersucht.

III.

Einfluß mechanischer Faktoren auf die Thermodynamik der Muskeln.

Schon längst ist es bekannt, daß die Muskeln zu den elastischen Geweben gehören, daß sie sich unter dem Einflusse der Belastung

verlängern und nach Wegnahme der Belastung verkürzen. Alle elastischen Körper können bekanntlich in zwei Gruppen eingeteilt werden; die einen besitzen einen negativen, die anderen einen positiven Wärmeausdehnungskoeffizienten. Die ersteren dehnen sich bei Erwärmung aus, die anderen ziehen sich hingegen zusammen. Zur ersten Gruppe gehören alle metallischen Körper (Drähte und Federn), welche sich auch bei der Ausdehnung abkühlen, zur zweiten solche Körper wie Guttapercha, Kautschuk, welche sich umgekehrt verhalten. Es entsteht nun die Frage, wie sich der Muskel als elastischer Körper verhält. Selbstverständlich bemühte man sich seit Jahren, diese Frage zu lösen, und es wurden zu diesem Zwecke zahlreiche Versuche unternommen. Die Zusammenstellung fast der ganzen Literatur dieser Frage findet der Leser ebenfalls in der Arbeit O. Frank's (a. a. O.). Hier muß ich erwähnen, daß diese Frage, obwohl sie sehr eifrig studiert wurde, bis zur letzten Zeit noch nicht als ganz gelöst bezeichnet werden kann. Der Grund hiefür liegt einerseits zweifellos in der Ungenauigkeit der angewandten Methoden, anderseits in dem eigentümlichen Verhalten des Muskels selbst, der nicht nur ein elastischer Körper mit gewissen Eigenschaften, sondern zugleich ein lebendes Gewebe ist, welches zweifellos, wenn auch vielleicht in sehr geringem Grade, die Fähigkeit der spontanen Reaktion besitzt. Aus der überwiegenden Anzahl der Experimente folgt, daß der Muskel einen positiven Wärmeausdehnungskoeffizienten besitzt, d. h., daß er sich bei der Ausdehnung erwärmt; man erhielt aber auch entgegengesetzte und gemischte Resultate. Fick macht hiefür die fehlerhaften Methoden verantwortlich. Das Verhalten des Muskels in thermischer Beziehung bei der Ausdehnung bzw. Verkürzung wurde fast ausschließlich mit Hilfe von Thermosäulen untersucht. Es ist aber klar, daß es sehr schwierig, ja sogar unmöglich ist, eine Veränderung der Muskelgestalt herbeizuführen, ohne daß sich die Thermosäule auf der Oberfläche des Muskels verschiebe; diese Verschiebung der mehr oder weniger feuchten Muskelsubstanz konnte jedoch selbstverständlich verschiedene Wirkungen herbeiführen: einmal konnte unabhängig von den Prozessen im Muskel seine Oberfläche sich infolge der Reibung erwärmen und eine Erwärmung der Thermosäule hervorrufen, ein andermal konnte sich die feuchte Oberfläche, welche infolge der Verdampfung sich abkühlte, während der Berührung mit der Thermosäule abkühlen, obwohl der Muskel selbst sich

erwärmt hatte. Das Mikrokalorimeter ließ in dieser Beziehung keine Befürchtungen zu, denn einerseits konnte der Muskel in dem Apparate so aufgestellt werden, daß er die Wände der Röhre nicht berührte, und andererseits konnte man sicher sein, daß, wenn der Muskel längere Zeit hindurch in der Röhre geschlossen blieb, die Verdampfung an der Oberfläche und die dadurch bewirkte Abkühlung des Muskels infolge der Sättigung des ganzen Raumes mit Dampf unmöglich wurde; ich beschloß also, dahingehende Versuche mit dem Mikrokalorimeter durchzuführen. Zum Vergleich des Muskels mit anderen elastischen Körpern experimentierte ich zuerst mit einer Metallfeder, Gummischnur und Gummiröhre und erst dann mit lebendigem Muskel.

A) Stahldrahtfeder.

Experiment XIV.

Zwei Stahldrahtfedern, 0.5 mm dick, wurden konisch zusammengerollt; der Durchmesser der oberen Grundfläche betrug ca. 4 mm, derjenige der unteren 2 mm; die Höhe des Kegels 20 mm. Diese Federn wurden an einem geraden Stahldrahte, der in einem besonderen Stativ steckte, befestigt: die eine Feder war in die rechte, die andere in die linke Platinröhre auf solche Weise eingelassen, daß die Federn, ohne an irgend einer Stelle das Platin zu berühren, den mittleren Teil der Röhre einnahmen. An das untere Ende der Federn wurde ebenfalls ein gerader Draht befestigt, der durch eine Öffnung im unteren Verschlusse jeder Röhre hindurchging und am Ende mit einem Haken zum Anhängen der Gewichte versehen war. Die Röhren wurden von oben vollkommen mit Flaum und von unten nur insofern verschlossen, als dies die Bewegungen des am unteren Ende der Federn aufgehängten Drahtes nicht hemmte. Unter dem Mikrokalorimeter, gegenüber den beiden Drähten war je ein kurzes, starkes Stativ angebracht, auf welchem eine speziell zu diesem Zwecke verfertigte Zange steckte. Mit Hilfe derselben konnte man den Draht festhalten oder freilassen. Vor dem Beginn des Versuches wurden beide Drähte, d. h. beide Federn mit 5 g Gewicht belastet, dann die Drähte mit Hilfe der Zange festgemacht, hierauf wurde der Tropfen gebildet und das Mikrokalorimeter mit Wasser gefüllt. Nachdem der Tropfen seine Gleichgewichtslage eingenommen hatte, begann man zu experimentieren. Zur Kontrolle lockerte man

zuerst beide Zangenpaare und beobachtete das Verhalten des Tropfens. Blieb der Tropfen unbeweglich, so wurden die Drähte von neuem festgemacht und der eine von ihnen mit einem bedeutend größeren Gewichte belastet. Trat das Gleichgewicht des Tropfens ein, so wurde die Zange möglichst rasch gelockert, worauf die Feder durch das Gewicht plötzlich ausgedehnt wurde und eine Senkung des Gewichtes erfolgte. Das Verhalten des Tropfens wies in diesem Falle zweifellos auf eine Abkühlung der Feder hin. Trat das Gleichgewicht ein und bewegte sich der Tropfen nicht mehr, so wurden in diesem Zustande die Drähte festgemacht; trat kein neuer Effekt ein, so wurde das Gewicht weggenommen, 5 g von neuem angehängt und die Zange plötzlich gelockert. Der Draht schnellte in die Höhe und das Mikrokalorimeter zeigte eine Erwärmung der Feder. Die Verkürzung oder Verlängerung der Feder bestimmte man mit Hilfe eines Fernrohrs, ähnlich wie in den Experimenten von Weber. Als fester Punkt war auf jedem Drahte ein im Fernrohre deutlich sichtbares Zeichen gewählt. Dieses Zeichen bewegte sich selbstverständlich nach oben und unten und seine Bewegungen konnten auf einer hinter dem Drahte befindlichen Millimeterskala abgelesen werden. War die Empfindlichkeit des Mikrokalorimeters vor dem Versuche bestimmt worden und bekannt, so war man auch imstande, die durch die Feder entwickelte oder absorbierte Wärme zu bestimmen. In diesem Versuche betrug die Empfindlichkeit der linken Kammer 1·67, der rechten 1·64 (die Dauer der Stromschließung 2·5"). Es wurde die in der linken Kammer befestigte Feder untersucht, die rechte funktionierte nur als „Zeuge“.

	Belastung	Veränderung d. Länge	Wärme
1)	1 g	0	0
2)	100 "	+ 2	— 0·67
	0 "	— 2	+ 0·67
3)	200 "	+ 4	— 0·83
	0 "	— 4	— 0·83
4)	300 "	+ 6	— 1·67
	0 "	— 6	+ 1·67
5)	500 "	+ 13	— 4·17
	0 "	— 13	+ 4·17

	Belastung	Veränderung d. Länge	Wärme
6)	200 "	+ 6	— 0.83
	0 "	— 6	+ 3.34
7)	300 "	+ 7	— 1.67
	0 "	— 7	+ 5.84
8)	400 "	+ 10	— 2.50
	0 "	— 10	+ 6.68

Man sieht, daß jeder Verlängerung Wärmeabsorption und umgekehrt jeder Verkürzung Wärmeproduktion entspricht. Es besteht sogar eine gewisse Beziehung zwischen Belastung und diesen thermischen Veränderungen. Die etwas größeren Wärmemengen in den Messungen 7—8, welche nach der Wegnahme des Gewichtes auftraten, und das Fehlen der Regelmäßigkeit, die in den Versuchen 1—6 beobachtet wurde, hatten vielleicht ihren Grund in einer kleinen Verkrümmung der Feder nach der Belastung mit 500 g Gewicht und in der hiedurch bewirkten Reibung an dem Platinblech. Diese Unregelmäßigkeit trat anfangs nicht auf, und ich beobachtete sie in weiteren Versuchen nicht. Dieses Experiment zeigt zugleich, daß bei der von mir verwendeten Form als Gesamtergebnis der Verlängerung und der darauf folgenden Verkürzung der Feder in der Regel weder Wärmeproduktion noch Absorption auftrat.

B) Gummi.

Experiment XV.

Kalorimeter Nr. 11. Zimmertemperatur 16°. Die Empfindlichkeit der linken Kammer wurde beim Schließen des Stromes auf 1.5'' bestimmt, sie betrug 1.16.

I. Eine Gummiröhre, 200 mm lang, wurde auf dieselbe Weise, wie im vorigen Versuche die Feder, befestigt; auf dieselbe Weise wie früher wurde auch der ganze Versuch durchgeführt. Der Tropfen wurde gebildet und die Bewegungen desselben kompensiert.

Belastung	Veränd. d. Länge in mm	Wärme in Mikrokcal.
200 g	+ 11	+ 4.5
0 "	— 0	— 0.5
300 "	+ 23	+ 9.5
0 "	— 23	— 3.0

II. Gummischnur, 20 mm lang. Die Empfindlichkeit der linken Kammer 1·08, Temperatur 15°. Die Bewegungen des Tropfens wurden kompensiert, der Tropfen blieb längere Zeit unbeweglich.

Belastung	Veränd. d. Länge in mm	Wärme in Mikrokcal.
100 g	+ 4·5	+ 2·70
0 "	— 5	— 1·62
200 "	+ 8	+ 5·40
0 "	— 8	— 0·54
300 "	+ 17	+ 12·96
0 "	— 17	— 1·62
400 "	?	+ 16·20
0 "	— 17	— 3·24

III. Zwei Gummischnuren, 20 mm lang, bestehend aus einigen dünnen Gummifasern, wurden möglichst zentral, die eine in der linken, die andere in der rechten Kammer untergebracht. Die Empfindlichkeit für die linke Kammer 1·34, für die rechte 1·11. Dauer der Stromschließung 2·5'', Temperatur 16°.

1. Gummischnur in der linken Kammer.

Belastung	Veränder. d. Länge	Wärme
50 g	+ 4	?
0 "	— 3	— 0·67
100 "	+ 6	+ 0·67
0 "	— 5·5	— 0·67
200 "	+ 15	+ 6·70
0 "	— 13·5	— 0·67
300 "	+ 18·5	+ 11·39
0 "	— 18·5	— 6·03
400 "	+ 19	+ 16·08
0 "	— 19	— 2·68
300 "	+ 19	+ 14·07
0 "	— 19·5	— 0·67
200 "	+ 14·5	+ 10·72
0 "	— 14·5	— 4·72
200 "	+ 14	+ 10·72
0 "	— 14·5	— 4·02
200 "	+ 14·5	+ 6·70
0 "	— 14	— 2·68

2) Gummischnur in der rechten Kammer.

Belastung	Veränder. d. Länge	Wärme
100 g	+ 4	+ 3.33
0 "	?	0
200 "	+ 11	+ 6.38
0 "	— 11	— 0.55
300 "	+ 22	+ 14.43
0 "	— 22	— 0.55
400 "	+ 22	+ 8.88
0 "	— 21	— 4.44
300 "	+ 22	+ 8.88
0 "	— 21	— 3.33

Der angeführte Versuch mit Guttapercha zeigt, daß wenigstens bei den Sorten, mit welchen ich zu tun hatte, diejenige Regelmäßigkeit in der Ausdehnung sowie den Wärmeänderungen, welche bei den Federn beobachtet wurde, nicht auftritt. Es ist möglich, daß diese Unregelmäßigkeit zum Teil auf Rechnung des Guttaperchazustandes kommt; diesen Versuch führte ich nämlich im Winter 1915/16 aus, wo es unmöglich war, frisches Material aus der Fabrik zu beschaffen. Obwohl sich nun ein konstantes Verhältnis zwischen den produzierten Wärmemengen und den Belastungen einerseits, und zwischen der Wärmemenge während der Belastung und der nach der Wegnahme des Gewichtes beobachteten anderseits nicht feststellen ließ, so wurde dennoch unzweifelhaft konstatiert, daß die Ausdehnung von Wärmeproduktion und die Zusammenziehung von Wärmeabsorption begleitet wird und daß die Wärmemenge bei der Ausdehnung stets größer ist als bei der Zusammenziehung. Übrigens legte ich auf diese Versuche kein besonderes Gewicht, weil eine Untersuchung der elastischen Körper vom physikalischen Standpunkte von mir nicht beabsichtigt wurde; es handelte sich hier nur um angenäherte Vergleichung der erwähnten elastischen Körper mit den Muskeln.

C) Die Muskeln.

Experiment XVI.

Kalorimeter Nr. 13. Empfindlichkeit rechts 0.85, links 0.76. Dauer der Stromschließung 2.5". Frische Muskeln wurden abprä-

pariert und im Kalorimeter in ganz analoger Weise wie Feder oder Gummi aufgestellt, nur vorher mit Löschpapier von der allzugroßen Feuchtigkeit abgetrocknet. Nach der Aufstellung im Kalorimeter wurde der Schenkelknochen über dem Kalorimeter in der Zange so befestigt, daß jede zufällige Bewegung unmöglich wurde. Die Röhre des Kalorimeters wurde oben und unten mit Eiderdunen ausgefüllt, hiebei im unteren Teil dafür gesorgt, daß der Flaum die Bewegungen des Drahtes, welcher in ähnlicher Weise wie bei der Feder an einem am unteren Ende des Muskels befestigten und zum Aufhängen der Gewichte bestimmten Haken aufgehängt war, nicht hemme. Dieser Draht konnte ganz ähnlich wie in vorigen Versuchen mit Hilfe von Zangen in der gegebenen Lage festgehalten werden und wurde ganz frei, wenn man die Zange lockerte. Der Muskel in der linken Kammer; in der rechten Luft und Flaum.

Belastung	Veränder. d. Länge	Wärme
10 g	+ 1	+ 1.14
0 "	— 1	— 5.70
20 "	+ 3	+ 1.90
0 "	— 2	— 5.70
30 "	+ 2.5	+ 3.42
0 "	— 2.5	— 4.56
50 "	+ 3	+ 4.18
0 "	— 3	— 4.56
100 "	+ 4	+ 5.32
0 "	— 4	— 4.56
200 "	+ 5	+ 6.84
0 "	— 4	— 5.32
300 "	+ 5	+ 6.84
0 "	— 6	— 4.56
400 "	+ 6	+ 10.26
0 "	— 6	— 4.18

Der rechte Muskel desselben Frosches in der linken Kammer.

Belastung	Veränder. d. Länge	Wärme
10 g	+ 2	+ 1.14
0 "	— 1	— 3.80
20 "	+ 2	+ 2.28
0 "	— 2	— 3.04

Belastung	Veränder. d. Länge	Wärme
30 "	+ 3	+ 3.04
0 "	— 3	— 2.28
50 "	+ 3.5	+ 5.32
0 "	— 3	— 1.52
100 "	+ 4	+ 5.70
0 "	— 4	— 4.18
200 "	+ 5.5	+ 4.94
0 "	— 5	— 3.80
300 "	+ 6	+ 3.80
0 "	— 6	— 3.80

Experiment XVII.

Kalorimeter Nr. 13. Temperatur 16.5°. Empfindlichkeit für die linke Kammer 0.93. Der Muskel eines frischen Frühlingsfrosches wurde mit Löschpapier abgetrocknet und nach Möglichkeit zentral aufgehängt; Gewicht 0.70 g.

Belastung	Veränder. d. Länge	Wärme
10 g	+ 2	+ 0.93
0 "	— 2	— 1.39
20 "	+ 1	+ 3.25
0 "	— 1	— 2.79
30 "	+ 2	+ 6.51
0 "	— 2	— 2.79
50 "	+ 3	+ 7.44
0 "	— 3	— 2.79
100 "	+ 4	+ 10.23
0 "	— 3	— 3.72
200 "	+ 4	+ 8.37
0 "	— 4	— 6.51

Im Versuche XVII tritt, wie wir sehen, eine gewisse Regelmäßigkeit in der Menge der produzierten Wärme während der Belastung deutlich auf; diese Wärme stieg bis zur Belastung von 100 g, bei 200 g wurde jedoch weniger Wärme produziert als bei 100 g; bei der Verkürzung des Muskels ergab der Gang der Abkühlung keine Regelmäßigkeit. Diese Erscheinung konnte nicht näher untersucht und ihre Ursache nicht erklärt werden, obwohl ich eine

größere Anzahl ähnlicher Versuche aufstellte. Bei manchen einzelnen Beobachtungen hatte ich den Eindruck, daß besonders bei mittleren Belastungen, wenn nach Lockerung der Zange das Gewicht plötzlich auf den Muskel einzuwirken begann, eine Kontraktion oder eher eine Tendenz zur Kontraktion auftrat; es ist möglich, daß dieser Umstand die größere Wärmeproduktion verursachte.

Jedenfalls stellen die Versuche mit dem Kalorimeter entschieden fest, daß jeder Muskel ohne Ausnahme bei der Ausdehnung sich wie Gummi verhält. Wenn in einigen Versuchen diese Erscheinung nicht auftrat, so konnte ich immer eine Fehlerquelle finden, welche diese Tatsache genügend erklärte.

Krakau, 1. Mai, 1916.

Polskie gatunki goryczki. — Die polnischen Gentiana-Arten.

Note

de M. A. J. ŻMUDA,

présentée, dans la séance du 5 Juin 1916, par M. M. Raciborski m. t.

(Planche 8).

Ähnlich wie im J. 1914 die Alchemillen und Helianthemen wurden vom Verf. die polnischen *Gentiana*-Arten auf Grund der Krakauer Herbarien einer Revision unterzogen. Als literarische Hilfsmittel dienten ihm dabei u. a.: N. Kuzniecows „Die Untergattung *Eugentiana* K. der Gattung *Gentiana*“, R. Wettstein's „Die europäischen Arten der Gattung *Gentiana* aus der Sektion *Endotricha* Wettst.“ und einige kleinere spezielle Abhandlungen.

Es wachsen in Polen 25 *Gentiana*-Arten; in den betreffenden Verzeichnissen werden zwar noch drei weitere Arten angeführt, und zwar *G. imbricata* Froel., *G. prostrata* H. und *G. utriculosa* L., diese Angaben beruhen aber teils auf falschen Bestimmungen, teils auf einer Verwechslung von polnischen und ausländischen Herbar-exemplaren. Die angebliche *G. imbricata* ist = *G. pyrenaica* L.; ferner ist „*G. prostrata*“ identisch mit *G. verna* L. Das Exemplar der *G. utriculosa* in der Sammlung Berda's stammt sicherlich nicht aus Polen.

Die Mehrzahl der *Gentiana*-Arten sind Alpenpflanzen und diese bewohnen in Polen ausschließlich die Karpaten. Nur vier Arten: *G. pneumonanthe* L., *G. cruciata* L., *G. lingulata* Ag. und *G. axillaris* W. sind fast in ganz Polen verbreitet; *G. ciliata* L. bewohnt nur die südlichen, *G. campestris* L. und *G. Wettsteinii* Murb. nur die westlichen, *G. baltica* L., *G. solstitialis* Kern. und *G. uliginosa* W. nur die nördlichen Provinzen. Von den übrigen Arten wachsen in

den Sudeten und Karpaten *G. punctata* L., *G. asclepiadea* L., *G. verna* L., *G. praecox* Kern. und *G. carpatica* Wettst.; einige von diesen Arten sind wohl in der Eiszeit, dem nach Norden zurückweichenden Landeise folgend, von den Karpaten weit in das Tiefland vorgedrungen und wachsen daselbst noch heute (*G. asclepiadea* L., *G. verna* L., *G. carpatica* Wettst.). Nur in den Karpaten wohnen die Arten: *G. nivalis* L., *G. lutescens* Vel. und *G. austriaca* Kern., nur in der Tatra: *G. frigida* H., *G. Clusii* Perr. et Song. und *G. tenella* Rottb., charakteristisch für die Ostkarpaten sind endlich: *G. lutea* L., *G. pyrenaica* L., *G. excisa* Presl. sowie die dort endemische *G. bucovinensis* Herbieh.

Besonders interessante Resultate ergab die Bearbeitung der *Endotricha*-Gruppe. Für einige Arten müssen die Grenzen für die bisher bekannten, in Wettstein's Monographie kartographisch dargestellten Verbreitungsareale wesentlich anders gezogen werden; es gilt dies besonders für die drei wichtigen Arten: *G. Wettsteinii* Murb., *G. uliginosa* W., *G. carpatica* Wettst., wie es aus der beige-schlossenen Karte zu ersehen ist, und zwar sind die Grenzen für die erste und zweite Art gegen Osten, für die dritte nach Norden zu verschieben.

G. lutea L. Nur in dem südlichen Teile der Pokutischen Karpaten, meist auf Sandstein, nach Zapałowicz zwischen 1310 und 2000 m, selten.

G. punctata L. In den Sudeten und Karpaten, selten. Wächst in der Tatra nach Kotula zwischen 1370 und 2356 m, in den Ostkarpaten steigt sie nach Zapałowicz 2270 m hoch. — *var. campanulata* Jacq. fand der Verf. in keiner polnischen Sammlung.

G. asclepiadea L. In den Sudeten und Karpaten sowie im Vor-gelände häufig; im Tatragebirge bis zu 1894 m, in den Ostkarpaten nach Zapałowicz bis zu 1860 m. In der Ebene viel seltener, wahrscheinlich als Relikt der Eiszeit; Exemplare aus der Ebene sah der Verf. aus Ojców in Königr. Polen (lg. Karo) und Zubrza bei Lemberg in Galizien (lg. Błocki). Rostafiński gibt sie auch aus den Góry Świętokrzyskie in Königr. Polen an (lg. Jastrzębowski).

G. pneumonanthe L. Fast im ganzen Lande verbreitet, in den Karpaten nur etwa bis zu 1000 m. Fehlt der Tatra und den Ostkarpaten. — *var. depressa* Boiss, *var. angustifolia* Racib., *var. lati-*

folia Schott häufig; *var. Wagiana* Andrzej. sehr selten; diese interessante Varietät ist der *var. latifolia* Sch. ähnlich, unterscheidet sich aber von dieser besonders durch eiförmig-lanzettliche Blätter, die bei 5—6 cm Länge in der unteren Hälfte eine Breite von 1.5—2 cm erreichen, sowie durch die kurzgestielten Blüten.

G. frigida Haenke. Nur in der Tatra; nach Kotula von 1750 bis 2569 m, hier aber häufig.

G. cruciata L. Fast in ganz Polen häufig; steigt in der Tatra nach Kotula bis zu 1512 m, in den Ostkarpaten nach Zapałowicz bis zu 1050 m.

G. pyrenaica L. Nur in den Ostkarpaten, selten; nach Zapałowicz zwischen 1400 und 2015 m.

G. exeisa Presl emend. Koch. Ostkarpaten; nach Zapałowicz zwischen 1330 und 1945 m häufig.

G. Clusii Perr. et Song. Nur in der Tatra, häufig. Nach Kotula von 1046 bis 1894 m. — *var. Rochelii* Kerner selten.

G. verna L. In der Tatra (nach Kotula bis 2124 m) sowie in den Pieninen häufig, außerdem sehr selten im Tieflande als Relikt der Eiszeit, z. B. in Piaskowa Góra bei Lemberg (Zawadzki) und auf torfigen Wiesen „Księżowszczyzna“ in Bobownia, Bez. Słuck, Gouv. Mińsk in Litauen (lg. Wodzińska, Herb. d. botan. Instit. d. Univers.). Die Pflanze der Ebene gehört zum Typus, dagegen kommen im Gebirge nicht selten vor: *var. angulosa* Wahlenberg (non M. B.), *var. carpatica* (Kit.) Borb., *var. subbrachyphylla* Borbás.

G. nivalis L. Nur in der Tatra und in den Ostkarpaten, nicht selten. Wächst in der Tatra nach Kotula zwischen 1254 und 2029 m, in den Ostkarpaten nach Zapałowicz zwischen 1600 und 1845 m.

G. bucovinensis Herbieh. In den Ostkarpaten sehr selten: Futurik (lg. Herbieh), Ineu (lg. Rehman) sowie Girgileu in den Rodnaer Alpen (lg. Herbieh). Unterscheidet sich von der vorigen Art besonders durch bedeutendere Höhe (bis 20 cm), größere Blumen (2—2.5 cm) sowie durch Internodien, welche 3—4-mal länger als die Blätter sind.

G. tenella Rottb. Nur in der Tatra, sehr selten; nach Kotula zwischen 907 und 1768 m.

G. baltica Murbeck. Selten, nur in Pommern, West- und Ostpreußen und im nordwestlichen Teile von Königreich Polen. Die

Ostgrenze der Verbreitung dieser Art in Polen bildet die Linie: Südrand der Insel Öland—Pilkalnie (Ostpreußen)—Modlin—Piotrków—Głogów (Preuß. Schlesien). — *var. platysepala* (Hausskn.) Cypers. Nur in den Sudeten.

G. campestris L. Bisher sicher nur bei Breslau (Preuß. Schlesien, lg. Karo). Die Art wurde noch aus Königreich Polen und aus der Tatra angegeben, wächst aber wenigstens in der Tatra sicher nicht. — *var. germanica* Froel. Selten.

G. solstitialis Kern. Von Wettstein aus Ostpreußen: „Kumme-
rau bei Königsberg (lg. Patze)“ angegeben, was aber Preuß in
Abrede stellt.

G. Wettsteinii Murb. Ost- und Westpreußen, Königreich Polen,
Galizien, ziemlich selten. Steigt in den Karpaten bis etwa 1000 m
auf. Die Ostgrenze verläuft in Polen durch: Goldap (Ostpreußen)—
Łomża—Chełm—Przemyśl—Sandezer Beskiden—Liptau, östlich von
dieser Linie gibt es noch zwei isolierte Standorte, nämlich Hry-
niów und Romanów, Bez. Bóbrka in Galizien. — *var. Sudavica*
Preuss, eine Übergangsform zu *G. carpatica* W., kommt nicht sel-
ten in dem ganzen Verbreitungsgebiete der Art vor.

G. lutescens Velen. Bisher nur in der Tatra und den Sandezer
Beskiden, selten.

G. austriaca A. J. Kern. Nur im Tatragebirge und den Pieni-
nen, selten.

G. praecox Kerner. In der ganzen Karpatenkette von Schlesien
bis zur Bukowina, bis zur oberen Waldgrenze ziemlich selten.

G. carpatica Wettst. In den Sudeten und Karpaten in der Wald-
region eine der gemeinsten Arten, steigt oft weit in die Ebene hin-
ab und erreicht dort die Nordgrenze ihrer Verbreitung. Die Grenz-
linie bilden in Polen folgende Standorte: Świdnica (Preuß. Schle-
sien)—Bednarka bei Biecz (Bez. Gorlice, Galizien)—Jaksmanice,
Węłykie und Łuczyckie Pagórki bei Przemyśl—Szkło, Jaryna,
Rzęsna Ruska und Zniesienie bei Lemberg—Dźwinogród südlich
von Lemberg—Narajów nordwestl. von Brzeżany—Stanisławów—
Czerniowce (Bukowina). — *var. Fatrae* (Borb.) Wettst., eine Über-
gangsform zu *G. austriaca* Kern., selten. — Es kommen auch Über-
gänge zu *G. Wettsteinii* Murb. vor.

G. uliginosa Willd. Nur in der Ebene, selten: Livland, Kur-
land, Samogitien, Ost- und Westpreußen, westlicher Teil von Li-
tauen und nördlicher Teil von Königreich Polen. Die Ost- und

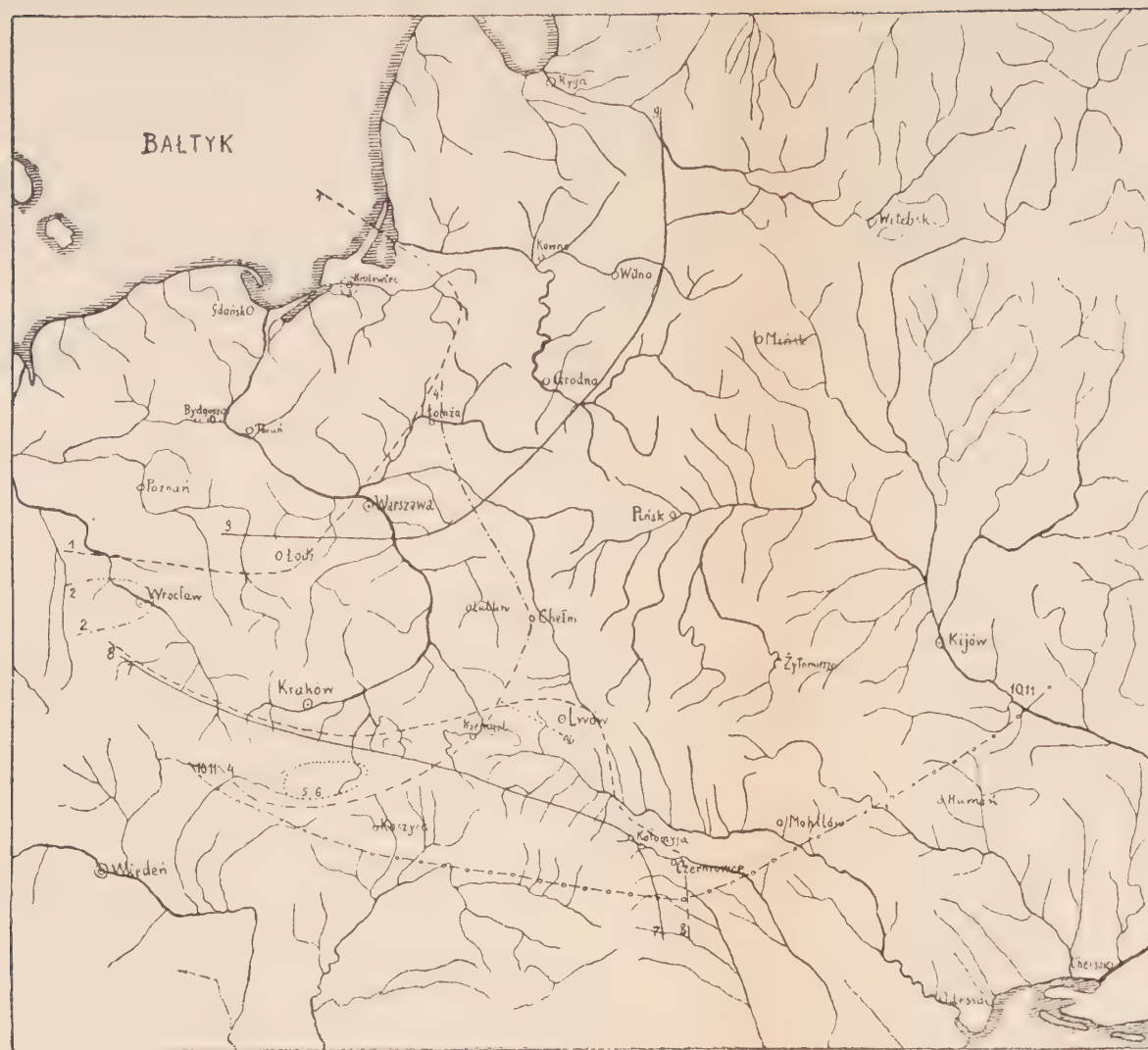
hierauf die Südgrenze der Verbreitung bildet die Linie: Livland—Szemetowszczyzna (Gouv. Wilno)—Łuków, Łosice (Gouv. Siedlce)—Częstochowa (Königr. Polen)—Preuß. Schlesien.

G. lingulata C. A. Ag. In ganz Polen mit Ausnahme von südlichem Podolien und der Ukraine, sehr selten.

G. axillaris F. W. Schm. Wie die vorige Art, auch sehr selten.

G. ciliata L. In allen südlichen Provinzen von Polen nicht selten. Die am weitesten nördlich gelegenen Standorte sind folgende: Beuthen (Pr. Schlesien) und in Königr. Polen Ojców, Pieskowa Skala—Kielce—Frampol—Łabuń bei Zamość. In den Karpaten sehr häufig, steigt in der Tatra nach Kotula bis 1550 m, in den Ostkarpaten nach Zapałowicz bis 1105 m hoch.

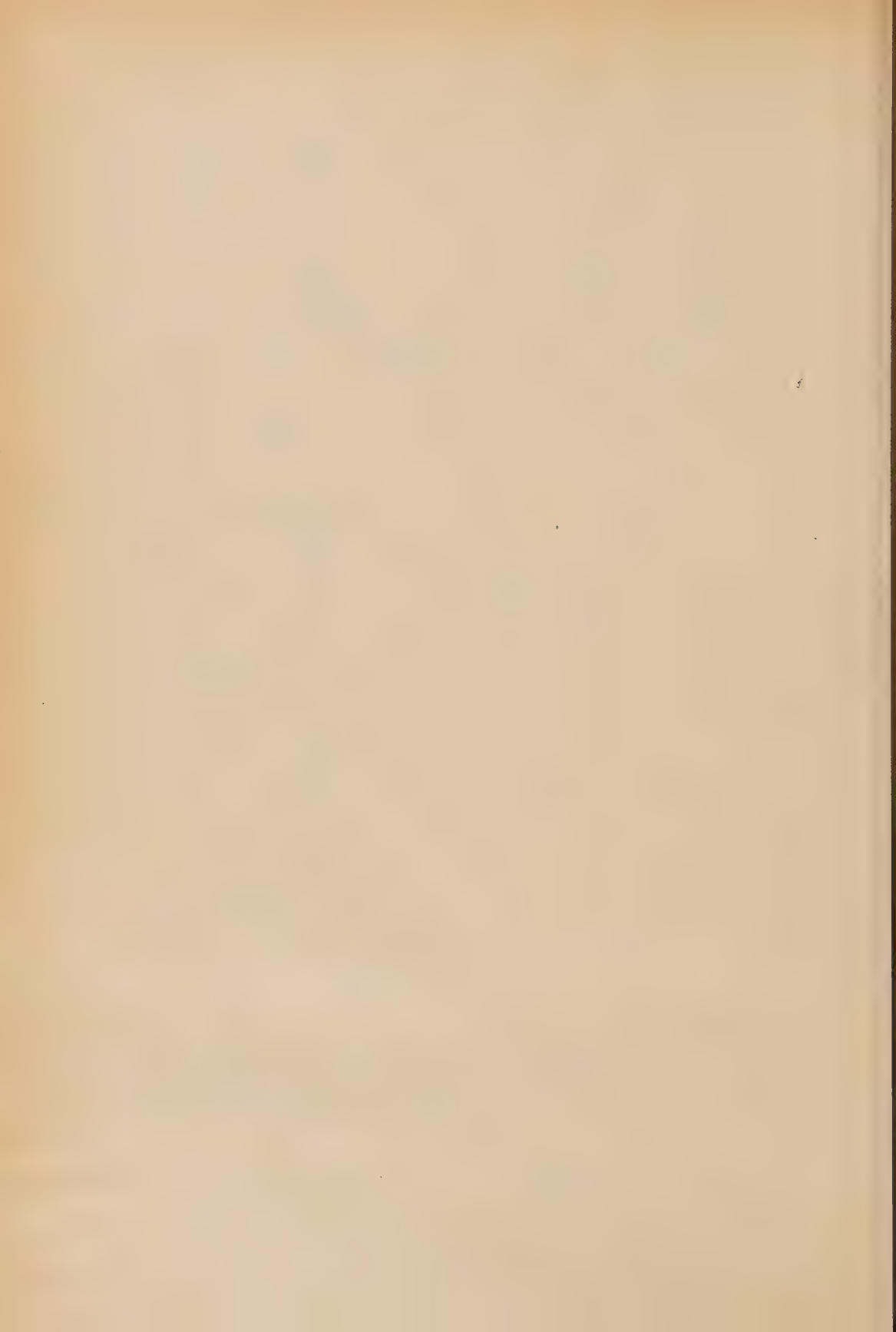
Aus dem Botanischen Institut der Jagellonischen Universität.



Verbreitungsgrenzen der *Gentiana*-Arten aus der Sektion *Endotricha* Froel.

1. *Gentiana baltica* Murbeck. — 2. *G. campestris* L. — 3. *G. solstitialis* Wettst. — 4. *G. Wettsteinii* Murbeck. — 5. *G. lutescens* Velen. — 6. *G. austriaca* A. J. Kerner. — 7. *G. praecox* A. J. Kerner. — 8. *G. carpatica* Wettst. — 9. *G. uliginosa* Willd. — 10. *G. lingulata* C. A. Ag. — 11. *G. arillaris* F. W. Schmidt.

Die einzelnen Arten wachsen auf dieser Seite der Grenzlinien, auf welcher die betreffenden Nummern stehen.



O wpływie adrenaliny na czynność wydzielniczą gruczołu podszczękowego. — Über den Einfluß des Adrenalins auf die sekretorische Tätigkeit der Unterkieferdrüse.

Mémoire

de M. L. **WARCHOŁ**,

présenté, dans la séance du 3 Juin 1916, par M. St. Bądryński m. c.

Über den Einfluß des Adrenalins auf die sekretorischen Prozesse gibt es bisher nur vereinzelte Untersuchungen. Bei der durch Adrenalin bewirkten, allgemeinen und starken Verengung der Blutgefäße konnte man eine gänzliche Aufhebung der Sekretion in verschiedenen Organen erwarten. Indessen stellte es sich heraus, daß die Absonderung von Urin ansteigt, wobei gleichzeitig eine Erweiterung der Nierenblutgefäße bemerkt wurde. Die Erweiterung der Blutgefäße der Nieren erklärt vollkommen die Vergrößerung der Urinabsonderung. Die Pankreasdrüse reagiert jedoch auf Adrenalin, indem die Sekretion eingestellt wird und sich gleichzeitig die Blutgefäße des Pankreas in hervorragender Weise verengern. Trotz der Ähnlichkeit in der Innervation des Pankreas und der Unterkieferdrüse tritt ein deutlicher Unterschied in der Adrenalinwirkung zutage. Die Reizung des sympathischen Nerven bewirkt zwar eine geringere Speichelsekretion als die Reizung der Chorda tympani, sie ist jedoch sehr deutlich. Die Feststellung des Vorhandenseins der sekretorischen Nerven in dem Stamme des sympathischen Nerven für die Unterkieferdrüse ist leicht, während eine solche Feststellung für das Pankreas zwar möglich, aber schwierig ist. Die Pankreassaftsekretion hängt in bedeutend höherem Grade von der Verengung der Blutgefäße als die Absonderung von Speichel ab. Man konnte also a priori annehmen, daß die durch das Adrenalin hervorgerufene Blutgefäßverengung in der Speichelabsonderung weniger

deutlich als in der Sekretion von Pankreassaft zum Ausdruck kommen wird. Gerade aus diesem Grunde ist es interessant, speziell an der Unterkieferdrüse die sekretionserregenden Eigenschaften des Adrenalins zu untersuchen.

Meine Untersuchungen führte ich an Hunden unter dem Kurare oder nach Durchtrennung des Rückenmarks dicht unter der Medulla oblongata aus. Es ergab sich, daß das Adrenalin bei intakter Chorda tympani eine reichliche Absonderung von wässrigem „chordalem“ Speichel hervorruft, welche je nach der Dosis von Adrenalin 4 bis 20 Minuten anhält. Nach Durchschneidung der Chorda tympani sinkt die Sekretion im Durchschnitt um das Vierfache. Nach Durchschneidung der Nn. vagosympathici tritt eine weitere Verringerung der Speichelabsonderung im Durchschnitte um das Doppelte ein. Gleichzeitig ändert sich der Charakter des Speichels, welcher dicht, opalisierend weiß, körnig, dem „sympathischen“ Speichel ähnlich wird. Das Atropin hebt diese Sekretion nicht auf. Adrenalingaben von 0·000012—0·000024 pro 1 kg Körpergewicht sind wirkungslos; erst wenn sie darüber hinausgehen und etwa 0·00024 erreichen, findet eine Beeinflussung der Sekretion statt. Durch Adrenalin bewirkte Speichelabsonderung geht parallel mit dem Blutdrucke vor sich, jedoch in der Weise, daß das Maximum der Speichelsabsonderung etwas später als das Maximum des Blutdruckes eintritt. Trotzdem das Adrenalin eine Verengung der Blutgefäße der Unterkieferdrüse bewirkt, findet dennoch die Sekretion statt. Das Adrenalin ist also ein wahres sekretionserregendes Mittel.

Die durch Adrenalin bewirkte Absonderung von Speichel hat vor allem zentralen Ursprung. Die Wirkung auf die sekretorischen Nervenzentren ist sekundär, von der durch die Verengung der Gehirnblutgefäße hervorgerufenen Gehirnanämie abhängig. Dieser Schluß ergibt sich daraus, daß die Sekretion erst nach Ablauf von 50—70 Sekunden nach der Einführung von Adrenalin beginnt. Hätten wir hier mit einer primären Wirkung zu tun, so müßte die Speichelabsonderung nicht später als nach Einführung von HCl in die Mundhöhle, und zwar 2—4 Sekunden nach Beginn der Adrenalinwirkung (= Beginn der Blutdruckerhöhung), also 8—14 Sekunden nach der Einführung eintreten. Eine Bestätigung dieser Schlußfolgerung bildet die Tatsache, daß die Speichelabsonderung bei der durch Blutdruckerniedrigung nach der Einführung von

Vasodilatin, Morphinum, Kurare, Atropin hervorgerufenen Gehirn-anämie ebenfalls nach Ablauf von 50—60 Sekunden nach der Einführung beginnt. Bei diesen Körpern tritt auch der Beginn der Blutdrucksenkung nach 6—10 Sekunden, so wie beim Adrenalin ein.

Außer der zentralen tritt auch eine periphere Wirkung des Adrenalins ein. Da das Atropin diese Einwirkung nicht aufhebt, kann sie also entweder auf die Endigungen des sympathischen Nerven oder auf die Drüsenzellen selbst stattfinden. Langley hat nachgewiesen, daß Extrakte aus den Nebennieren die Speichelabsonderung auch nach der Entartung der sympathischen Nerven beeinflussen. Daraus kann man schließen, daß das Adrenalin auf die Drüsenzellen selbst wirkt.

Experimentell-pharmakologisches Institut der Universität Lemberg. Direktor:
Prof. Dr. L. Popielski.

Die Untersuchung der Sekretion des ganzen Magens liefert uns hingegen große Mengen des Saftes, und es treten die Schwankungen in der Quantität desselben bei verschiedenen, behufs Analyse der physiologischen Erscheinungen unternommenen Eingriffen deutlicher hervor, was bei der Untersuchung der physiologischen Fragen eine effektive Bedeutung hat.

Die Untersuchungen, und zwar waren es mehr als 60 Einzelversuche, wurden an fünf Hunden angestellt. Bei der Sammlung des Saftes von der gesamten Mageninnenfläche mußte das Zurückfließen der Galle, des Pankreas- und des Dünndarmsaftes in den Magen verhindert werden. Es wurde deswegen bei allen Hunden außer der Magenfistel noch eine Duodenalfistel angelegt. Durch die letztere wurde in den Darm in der Richtung gegen den Pylorus ein steifer, am Ende mit einem Gummiballon versehener Katheter eingeschoben, so daß durch Aufblähung des Ballons der Magen vollkommen vom Darne abgeschlossen werden konnte. Der Ballon bestand gewöhnlich aus drei Gummiblättern, und ich stellte jedesmal die für vollkommene Entfaltung seiner Wände nötige Luftmenge vor dem Versuche fest. Während der Anlegung der Duodenalfistel wurde die Entfernung des Pylorus von der Fistel ausgemessen und notiert und der Magen der Tiere vor jedem Versuche mit lauwarmem Wasser ausgespült. Die für meine Versuche vorbereiteten Tiere wurden stets genau zu derselben Stunde, gewöhnlich nach Abschluß der Versuche (gegen 1^h nachm.) immer von demselben Laboratoriumsgehilfen gefüttert; dieser durfte aber am Versuchstage die Abteilung unseres Laboratoriums, wo der Versuch im Gange war, nicht betreten, und um psychische Momente (z. B. Läuten der elektrischen Klingeln, Aufmachen der Türe u. s. w.), welche auf das Versuchstier einwirken konnten, vollkommen auszuschalten, wurden die Versuche nur in den Vormittagsstunden, d. h. in der Zeit, in welcher der Verkehr in der Anstalt nicht sehr rege ist, angestellt. Das Versuchszimmer liegt auch weit entfernt vom gemeinsamen Hundestall. Auf diese Weise haben wir in unseren Versuchen die Einwirkung des psychischen Moments auf die Sekretion des Magensaftes vermieden.

Die zur Prüfung gelangenden Extrakte bereitete ich aus verschiedenen Organen vor: aus der Schleimhaut des Fundus und Pylorus, der Muscularis des Magens, der Bauchspeicheldrüse, dem

Dick- und Dünndarm, und verwendete zur Extraktion destilliertes Wasser oder 0·36%-ige Salzsäure. Vor der Einspritzung wurde jedesmal der Extrakt mit Soda neutralisiert und dessen Gehalt an festen, organischen und anorganischen Bestandteilen bestimmt. Es zeigte sich, daß die subkutane Einführung des Extraktes eine reichliche, nach 10—15' ohne Anzeichen einer allgemeinen Begleitwirkung eintretende Sekretion des Magensaftes zur Folge hat. Diese Sekretion, mit einem Maximum nach 20—25', dauert, je nach der Menge des eingeführten Extraktes (seiner organischen Bestandteile), $\frac{3}{4}$ bis 3 Stunden. Ein Versuch am Hunde „Kudlaty“, Gew. 16 $\frac{1}{2}$ kg, am 31/X 1913 ergab nach Einführung von 20 cm³ eines Extraktes aus der Schleimhaut des Pylorus mit 4·1% organischen Bestandteilen innerhalb 2^h40' 350 cm³ Magensaft. In diesem Versuche führte ich 0·82 g organische Bestandteile ein, was, auf 1 kg Gewicht des Tieres berechnet, 0·048 ausmacht. Die Menge des ausgeschiedenen Magensaftes steht in der Mehrzahl der Fälle in direktem Verhältnisse zu der Menge der organischen Bestandteile des eingeführten Extraktes. Eine gleichstarke Sekretion des Magensaftes tritt auch nach Durchschneidung der Nervi vagi auf, was auf den peripherischen Ursprung hinweist. Die Nervi vagi werden am zweckmäßigsten intrathorakal, in der Höhe der 9. Rippe (links) durchschnitten. Das Atropin hebt die Sekretion nicht auf; es ist also wahrscheinlich, daß dieselbe infolge der Einwirkung des Extraktes auf die Sekretionszellen der Magendrüsen auftritt. Intravenöse Einführung derselben Extrakte fördert, im Einklange mit den Untersuchungen von Popielski, die Sekretion nur, wenn sie langsam erfolgt und die Symptome der allgemeinen Wirkung in mäßiger Stärke auftreten. Bei ausgesprochen auftretenden Symptomen der allgemeinen Wirkung unterbleibt die Sekretion vollkommen; wenn die Sekretion erfolgt, dauert sie kurz, nur 8—14 Minuten, und die Menge des ausgeschiedenen Saftes beträgt kaum den zehnten bis zwölften Teil des nach subkutaner Einführung desselben Extraktes ausgeschiedenen Quantums.

Der Einfluß auf andere Drüsen wurde von mir nicht genauer untersucht. Ich habe nur beobachtet, daß innerhalb der ersten fünf Minuten nach der Einführung des Extraktes eine schwache Sekretion des Speichels auftritt; die Sekretion der Galle beginnt und hört auch gleichzeitig mit der des Magensaftes auf. Eine Allgemeinwirkung nach subkutaner Einführung des Extraktes wurde nicht

beobachtet, ebensowenig konnte ich Symptome der Immunisation oder der Anaphylaxie feststellen.

Die Untersuchung der chemischen Eigenschaften der Extrakte ergab folgendes: Der wirksame, in den subkutan eingeführten Organextrakten befindliche Körper löst sich leicht in Wasser, ist unlöslich in wasserfreiem Äther und in Chloroform, schwach löslich in Äthylalkohol, wobei ein bedeutender Teil des wirksamen Körpers zerfällt. Einen Zerfall dieses Körpers beobachtet man auch in der Temperatur von 130—132° C. Kolloidales Eisen reinigt den Extrakt und setzt dabei seine Wirkung nur ganz wenig herab. Der wirksame Körper wird durch Phosphorwolframsäure gefällt, durch den Magensaft in hohem Grade zerstört; hingegen wird seine Wirksamkeit durch Trypsin und autolytische Fermente nicht verändert.

Aus diesen Untersuchungen ergibt sich nun, daß ausschließlich subkutane Einführung der Organextrakte eine ausgesprochene Sekretion des Magensaftes zur Folge hat; da nach intravenöser Einführung keine Sekretion auftritt, nehme ich an, daß der wirksame Körper in fertigem Zustande in den Extrakten nicht enthalten ist und erst im subkutanen Gewebe aus den organischen Bestandteilen des Extraktes, möglicherweise unter dem Einflusse der fermentativen Prozesse der lebenden Zellen des Organismus entsteht. Diese Vermutung ist schon deshalb sehr naheliegend, weil die Sekretion des Magensaftes erst 10—15 Minuten nach Einführung des Extraktes beginnt. Wäre dieser Körper schon in fertigem Zustande in den Extrakten enthalten, so müßte die Sekretion viel früher einsetzen, umso mehr, da dieser stark wirksame Körper schon in einer Menge von 0.01 eine deutliche, und bei Verwendung von 0.048 eine kolossale Sekretion hervorruft. Der wirksame Körper der Extrakte ist für die Magendrüsen ein mächtiger Reizstoff, mit welchem nur so starke Reize wie der bei dem Essen oder bei der Scheinfütterung auftretende verglichen werden können. Der chemische Reiz ist aber viel wirkungsvoller als der psychische, weil wir imstande sind, durch Steigerung der eingeführten Dosis direkt eine kolossale Sekretion des Saftes zu erzeugen.

Als zweite, wichtige Schlußfolgerung aus meinen Untersuchungen wäre die Feststellung der Tatsache zu betrachten, daß die Sekretion des Magensaftes keine für den Extrakt eines bestimmten Organs spezifische Eigenschaft bildet. Gleich starke Sekretion habe

ich nach Einführung der Extrakte aller dazu verwendeten Organe beobachtet.

Im zweiten Teile meiner Arbeit werde ich Versuche anführen, welche zwar die Bedeutung der Pars pylorica des Magens für die Sekretion des Magensaftes beweisen, welche jedoch diese Tatsache in ganz anderem Lichte als bisher erscheinen lassen. Die Bedeutung dieses Magenteiles steht in keinem Zusammenhange mit der Wirkung der aus demselben gewonnenen Extrakte, weder bei subkutaner noch bei intravenöser Einführung derselben. Dieselbe Folgerung könnte auch aus den Untersuchungen dieses ersten Teiles der Arbeit abgeleitet werden.

Lemberg, Institut für experim. Pharmakologie, Direktor: Prof. Dr. Popielski.

*Dalsze studia nad włosami parzącymi roślin. — Weitere
Beiträge zur Kenntniss der pflanzlichen Brennhaare.*

Note

de M. K. ROUPPERT,

présentée, dans la séance du 5 Juin 1916, par M. Raciborski m. t.

Im Jahre 1914 konnte ich nachweisen (9), daß die Brennhaare der Urticaceen: *Girardinia*, *Laportea* und der Loasaceen: *Blumenbachia*, *Caiphora* und *Loasa* in ihrem oberen Teil (im Hals und Köpfchen) eigentümliche subkutikuläre, pektinartige Membrangebilde besitzen, die im Zusammenhang mit der Tätigkeit der Brennhaare als aktiver Hydathoden stehen. In meiner diesbezüglichen Arbeit habe ich die Entwicklungsgeschichte und die mikrochemischen Reaktionen der betreffenden Membrangebilde ausführlich geschildert und über ein Experiment berichtet, durch welches der Hydathodencharakter der Brennhaare in hohem Grade wahrscheinlich gemacht wurde; ich konnte nämlich feststellen, daß an den in einem gewöhnlichen Schwitzkasten untergebrachten Topfpflanzen die Brennhaare lebhaft Wasserperlen ausscheiden.

Obwohl ich durch die Kriegsereignisse an einer ausgiebigen Bearbeitung dieses Gegenstandes verhindert wurde, konnte ich mich doch von Zeit zu Zeit mit demselben beschäftigen und es ist mir gelungen, einige Einzelheiten, die für die Frage von Bedeutung sein dürften, festzustellen.

Vor allem sah ich mich nach einem möglichst einwandfreien experimentellen Beweise um, daß die Brennhaare wirklich aktive Trichomhydathoden darstellen. Die im Schwitzkasten beobachtete Guttation der Brennhaare könnte ja als ein „nicht ausreichender Beweis“ betrachtet werden, wenn man z. B. mit Simon Taub die Wassersekretion an den Drüsenhaaren der Urticacee *Myriocarpa* sp.

einfach als Wasserstauung betrachtet; der genannte Verfasser sagt nämlich: „es läßt sich unzweifelhaft feststellen, daß die Drüsen-trichome nicht ausscheiden, hingegen findet eine Ausscheidung von Wasser tatsächlich statt, und zwar ausschließlich¹⁾ an den Hydathoden über den hellen Epithemflecken des Blattes“. (14, S. 678).

Auch ältere Autoren warnen vor Verwechslungen und Täuschungen, so Burgerstein (1, 1889, S. 410) und auch Pfeffer (1, 1897, I. Band, S. 259), welcher auf die Arbeit von Arendt (Flora 1843, S. 152) hinweist. Otto Spanier (13, 1898) glaubt gegen Haberlandt (4, 1894) durch seine Versuche bewiesen zu haben, daß die einzelligen, angeblich aktiven Hydathoden diesen Charakter nicht besitzen.

Nun hat Ruhland (10, 1915) einen exakten Beweis geliefert, daß man doch einwandfrei den aktiven Charakter der Hydathoden feststellen kann; er ließ nämlich isolierte Epidermisstücke mit je einer Hydathode von *Statice* auf der Oberfläche verschiedener osmotisch wirkender Flüssigkeiten schwimmen und konnte dann deren Wirkung beobachten und präzise messen.

Ein analoges Experimentieren mit den Brennhaaren ist auch möglich, da dieselben bekanntlich nach Abtrennung von dem Blatt längere Zeit am Leben erhalten bleiben, so daß sie schon seit lange als ein beliebtes Objekt zur Beobachtung der Plasmaströmung verwendet werden. Da es sich aber um Wasserausscheidung handelt, muß die Beobachtung selbstverständlich nicht im Wassertropfen, sondern in einer anderen, sich zu diesem Zweck eignenden Flüssigkeit vorgenommen werden. Eine solche Flüssigkeit, die einerseits auch die geringste Spur von Wasserausscheidung bemerkbar macht und andererseits das Brennhaar nicht abtötet, habe ich in dem flüssigen Paraffin (*paraffinum liquidum*) gefunden.

Das flüssige Paraffin wurde in die experimentelle Pflanzenlehre von M. Raciborski (15, 1910, S. 361) eingeführt und später mit Erfolg von seinem Schüler P. Wiśniewski (15, 1910) und von E. Schilling (11, 1915) zur Transpirationsstörung und der dadurch hervorgerufenen Intumeszenzenbildung verwendet. Unter anderen Substanzen bediente sich F. Jacob (5, 1913, S. 28, 43, 51) auch des flüssigen Paraffins bei seinen Studien über Plasmaströmungen in iso-

¹⁾ Im Original nicht gesperrt.

lierten Haaren; diese konnten in Paraffinöl längere Zeit am Leben erhalten werden, da dieses Öl, wie Jacob bemerkt, für den Sauerstoff ziemlich durchlässig ist. Tatsächlich konnte ich mich überzeugen, daß ein isoliertes, jedoch nicht verletztes Brennhaar in flüssigem Paraffin unter Deckglas auf einem Objektträger sogar fünf Tage lang am Leben bleiben kann, wie es die während dieser ganzen Zeit wahrnehmbare Plasmaströmung beweist. Nach Jacob (5, S. 43) zeigten in Paraffinöl eingeschlossene Blattstücke von *Valisneria* nach 65 bzw. 70 Tagen in einigen Zellen noch lebhaft Strömung.

Das flüssige Paraffin erwies sich bei meinen Untersuchungen als sehr zweckdienlich: schon nach 5—10 Minuten kann man mikroskopisch feststellen, daß die Brennhaare der Urticaceen: *Girardinia cuspidata*, *Urtica dioica* und *Urtica urens* ohne Ausnahme Gasbläschen und Flüssigkeitströpfchen am Köpfchen und Hals ausscheiden.

Mit dem Beweis, daß es sich dabei um Ausscheidung von Wasser handelt, werden wir uns weiter unten befassen. Vorerst möchte ich aber die spärlichen Literaturangaben über die Permeabilität der Brennhaarwand für Flüssigkeiten und Gase erwähnen. Haberlandt sagt darüber in seiner Arbeit (3, 1886, S. 141, in der Fußnote): „Ich halte es nicht für undenkbar, daß die relativ weit hinabreichende, stark verdünnte Wandungspartie auf der konkaven Seite der Brennhaarspitze von *Jatropha urens* und *stimulata*, sowie von *Loasa papaverifolia*, abgesehen von ihrer mechanischen Bedeutung auch noch als Aufnahme- und Abgabe- und Sauerstoff zu fungieren hat“. — Bei Pfeffer (7, 1897, S. 167) lesen wir: „Jedenfalls ist es von hoher Bedeutung, daß sogar durch eine stark entwickelte Cuticula in zureichender Weise Sauerstoff zugeführt wird oder zugeführt werden kann (§ 29). Daß dieses geschieht, wird u. a. dadurch angezeigt, daß in den Haaren von *Tradescantia*, *Momordica*, *Urtica*¹⁾ u. s. w. die von der Atmung abhängige Protoplasmaströmung voll fort dauert, wenn nach der Einbettung der Schnittfläche in Vaseline aller Gasaustausch durch die Cuticula gehen muß“. Was die Gas- resp. Flüssigkeitsausscheidung anbelangt, konnte ich in der Literatur nur zwei Angaben finden, und zwar in Burgerstein's „Materialien“ (1, 1887—9) und bei Martinet. Von dem ersteren wird

¹⁾ Im Original nicht gesperrt.

nach Senebier's Phys. vég. III, S. 91 angegeben (S. 407), daß Gersten die Guttation „an den Blatthaaren von *Urtica*“ beobachtet hat. Martinet bemerkt (5, 1872, S. 179), daß nach Bahr dt (De pilis plantarum diss. Bonnae 1849) die Brennhaare unter Druck „du liquide âcre“ ausscheiden, und sagt weiter: „ce liquide peut transsuder à travers les parois du poil, à la surface duquel il produit des sortes des verrues par sa coagulation“. Ich lasse es dahingestellt, ob die von den genannten Autoren beobachtete Erscheinung wirklich als Wasserausscheidung aufzufassen ist oder nicht.

Um exakt zu beweisen, daß die Guttation der Brennhaare in flüssigem Paraffin auf Ausscheidung von Wasser beruht, suchte ich nach einem Reagens für die ins Paraffin ausgeschiedene Flüssigkeit. Nach mehrfachen Versuchen gelang es mir, in der Emulsion des fein zerriebenen Methylenblaus in flüssigem Paraffin ein geeignetes Medium zu finden. Die Kristalle dieses Farbstoffes bleiben in Paraffin mehr als sechs Monate lang ungelöst, ohne irgendwie ihren mikroskopischen Charakter einzubüßen. Wenn man aber einen Wassertropfen in eine Paraffin-Methylenblau-Emulsion fallen läßt, werden die von Wasser benetzten Farbstoffkristalle sofort zu schönen blauen Tropfen aufgelöst, während in dem Paraffin selbst keine Spur von Färbung zu bemerken ist. In eine solche Emulsion werden nun die Brennhaare eingebettet und mikroskopisch beobachtet. Wo die ausgeschiedene Flüssigkeit mit einem Farbstoffpartikelchen in Berührung kommt, löst sich dieses in einen blauen Tropfen auf. Nebenbei muß ich bemerken, daß die betreffenden Beobachtungen mit einiger Schwierigkeit verbunden sind, weil man sich einer recht dichten Emulsion bedienen muß, falls man sicher sein will, daß jedes ausgeschiedene Wassertröpfchen mit einem Farbstoffpartikelchen zusammentrifft.

Die Ausscheidung tritt an den Brennhaaren bei den zwei einheimischen *Urtica*-Arten (*U. urens* und *dioica*) zuerst an dem Hals und an dem Köpfchenscheitel auf, also genau dort, wo die subkutanen Pektineinschlüsse lokalisiert sind; bei *Givardinia* findet die Guttation am lebhaftesten an der Scheitelkappe statt, doch werden auch bei dieser Gattung Tröpfchen am Halse ausgeschieden.

Es wurde oben erwähnt, daß an der Spitze der Brennhaare nicht nur eine Flüssigkeit, sondern auch ein Gas ausgeschieden wird; die Gasbläschen erscheinen sogar zuerst. Für die Frage nach der Natur des ausgeschiedenen Gases ist der Umstand von wesentlicher Be-

deutung, daß in den isolierten Brennhaaren intensive, mit der Plasmaströmung im Zusammenhang stehende Lebensvorgänge stattfinden. Es erscheint die Annahme vollkommen gerechtfertigt, daß dabei Sauerstoff verbraucht und Kohlensäure ausgeschieden wird. Die Frage, ob dabei die theoretisch plausible intramolekuläre Atmung stattfindet, lasse ich hier unberührt und will nur die Gasausscheidung besprechen.

Für das ausgeschiedene Gas mußte ein passender, mit Paraffin kombinierbarer Indikator gefunden werden. Dem Rat meines hochverehrten Lehrers, Prof. Raciborski folgend, wählte ich Nilblau zu diesem Zweck. Es ist bekannt (12, 1912, S. 70), daß, wenn eine rasche Färbung der Paraffinschnitte erzielt werden soll, man nach Michaelis zu dem „Nilblauxylol“ greift, indem „man eine wäßrige Lösung von Nilblau mit etwas Natronlauge versetzt, mit Xylol ausschüttelt, das dabei je nach der Konzentration des Farbstoffs eine gelbrote bis gelbbraune Farbe annimmt“. Diese Flüssigkeit löst auf dem Objektträger das Paraffin sofort auf und färbt gleichzeitig die Schnitte. Diesen Farbstoff löste ich nach Zusatz einer Spur von absolutem Alkohol mit Sodalösung auf, wobei eine orangerötliche Flüssigkeit resultierte; diese wurde mit flüssigem Paraffin $\alpha\alpha$ versetzt und tüchtig geschüttelt. Schon nach einigen Minuten konnte die obere Schicht der Mischung — rot gefärbtes Paraffin — abpipettiert und als Reagens verwendet werden. Darin zeigt nun das Brennhaar schon in der ersten Minute eine Bläung der Kutikula an den Körnchen des Halses und des Köpfchenscheitels bei *Urtica* und des Halses samt Kappe bei *Girardinia*. Nach einigen Minuten bläut sich die Peripherie der ausgeschiedenen Gasbläschen, und noch später kristallisieren blaue Nadeln innerhalb der Bläschen aus. Diese Reaktion beweist das Vorhandensein von H-Ionen, was auf Ausscheidung einer flüchtigen Säure, also höchst wahrscheinlich der Kohlensäure zurückzuführen ist. (Das in angegebener Weise präparierte rote Paraffin bläut sich auch unter dem Einfluß der atmosphärischen Kohlensäure langsam, wenn man es an freier Luft offen stehen läßt).

Um die beschriebenen Reaktionen bequem zu beobachten, füllt man je eine dünne Glaskapillare mit Wasser, mit irgend einer Zuckerlösung, Paraffin, Methylenblau in Paraffin und rotem Nilblau-Paraffin. Diese Kapillaren beschickt man hierauf mit je einem nicht beschädigten Brennhaar und bringt sie, nachdem die Enden mit

festem Paraffin zugeschmolzen worden sind, auf einen Objektträger. Sie werden in Kanadabalsam eingebettet und mit einem Deckglas bedeckt, wonach man unter dem Mikroskop die Brennpaare nebeneinander in beliebigen Medien mit Trockenlinsen, sogar bei stärkeren Vergrößerungen fortdauernd beobachten kann. Auf diese Weise verbraucht man nur geringe Mengen von dem Reagens und gibt doch z. B. dem in Methylenblau-Paraffin eingeschlossenen Brennpaar hinreichend große Chancen, seine Wassertröpfchen an den berührten Kristallen zu färben. Für mikrochemische Untersuchungen überhaupt erscheint ein ähnliches Verfahren empfehlenswert.

Ich konnte bei meinen Studien die Plasmaströmung selbst nicht außer acht lassen, obgleich es nicht mein Ziel war, dieselbe zu studieren. In dieser Richtung habe ich auch im Zusammenhang mit der Guttation gewisse Änderungen im Plasmazustande der Brennpaarköpfchen beobachtet und suchte dieselben sowohl morphotisch als auch funktionell zu erklären.

Kurz vor dem Moment, wo die ersten Bläschen am Brennpaarköpfchen ausgeschieden werden, haftet das lebhaft in dem Köpfchen strömende Plasma nicht an der ganzen Innenwand desselben, sondern trennt sich von ihr, und zwar an der lateralen, von Haberlandt zum erstenmal beschriebenen Wandverdünnung, kontrahiert sich und bleibt nach dieser Systole längere Zeit so „abgelöst“. Erst hierauf folgt die Ausscheidung der ersten Bläschen.

Diese am Plasma der Brennpaare beobachtete Systole und die darauf folgende Wasserausscheidung am Köpfchen stimmen einigermaßen mit den Vorgängen überein, welche Prof. Raciborski am *Basidiobolus ranarum* beim Schrittwachstum der Zelle festgestellt hat (8, S. 919, 920, 930). Bei dieser Pflanze stehen Diastole des Protoplastes mit dem Streckungswachstum und anderseits Systole mit der Wasserausscheidung in engster Beziehung. Raciborski betont a. a. O., S. 919, daß das Plasma sich an der proximalen Seite kontrahiert und hierbei eine gewisse Wassermenge ausgeschieden wird, ferner, daß es angezeigt wäre, nach dem Auftreten von Systole bei den höheren Pflanzen zu forschen und daß in dieser Hinsicht besonders die wasserabsondernden Zellen, die Epitheme zu untersuchen wären. In der Zusammenfassung sagt er auf S. 936: „Die Systole ist mit dem Wasseraustritt aus der basalen Vakuole der Zelle verbunden“.

Selbstverständlich muß bei uns vorausgesetzt werden, daß das

ausgewachsene, unverletzte Brennhaar in seinem oberen, mit Kieselsäure imprägnierten Teile während seiner Wasserausscheidung nicht mehr wächst und daß seine Membranen, einschließlich der innersten Zelluloseschicht, an welcher der Protoplast unmittelbar haftet, ihre Wachstumsfähigkeit bereits eingebüßt haben, so daß die beobachtete Plasmasystole und Wasserausscheidung in keinem Zusammenhang mit dem Wachstum stehen.

Bekanntlich verdanken wir den Untersuchungen Crato's (2, 1896) wichtige Beiträge zur Kenntnis der Plasmastrukturen. Seine „Phy-soden“ werden von Raciborski mit den „Lakunen“ des *Basidiobolus*-Plasmas identifiziert (8. 1907, S. 923). Dieses „System von... immer wechselnden, lakunären Vakuolen“ wurde von Raciborski (a. a. O., S. 922) sorgfältig beobachtet, und er bemerkt: „Die Lacunae verändern beständig ihre Größe, Gestalt und Lage“ (a. a. O., S. 922). Nun scheint es mir wahrscheinlich, daß die „flottierende Kugel“ vom *Urtica*-Brennhaar, welche Crato in Fig. 78 seiner Abhandlung abgebildet hat, den „Lacunae“ Raciborski's bei *Basidiobolus* analog ist. Diese „flottierenden Kugeln“, welche ich als Urvakuolen auffasse, spielen im Brennhaar dieselbe Rolle, wie die der wachsenden *Basidiobolus*-Zelle.

Der in Rede stehende Vorgang wäre folgendermaßen zu beschreiben: Das in flüssigem Paraffin eingebettete Brennhaar zeigt lebhaftes Plasmaströmung, bei welcher, wenn wir mit einem Immersionssystem arbeiten, ganz leicht eine Wanderung der „flottierenden Kugeln“, die vom Plasmastrom mitgerissen werden, wahrzunehmen ist. Bei dauernder Beobachtung des Köpfchens bemerkt man in dem lebhaft bewegten Plasma des Brennhaarköpfchens 2–3 „Lakunen“, die das Köpfchen nicht mehr verlassen, sondern sich langsam in eigenartiger Bewegung hin- und herwälzen, ihre Konturen wechseln und dann im Moment des von mir obenerwähnten Systole-Phänomens sich langsam zu reduzieren beginnen, wobei der freie Platz zwischen der lateralen, verdünnten Köpfcheninnenwand und der Plasmahaut sich bis zu einer gewissen Grenze vergrößert; endlich erscheinen am Köpfchen die ersten nach außen ausgeschiedenen Bläschen, welche die oben beschriebenen Reaktionen geben. So zerfällt der Guttationsprozeß am Brennhaarköpfchen nach meiner Auffassung in drei Momente: 1) Lakunentanz, 2) Systole des Protoplastes am lateralen *Haberlandt'schen* „Fensterchen“ und 3) Guttation im engeren Sinn.

Ich muß noch hinzufügen, daß ich die an den drei Urticaceen durchgeführten Experimente auch an der Loasacee *Blumenbachia* wiederholte und eine vollkommene Übereinstimmung feststellen konnte, ferner im Gegensatz zu Taub's Beobachtungen (14, 1910, S. 6781), daß sich in flüssigem Paraffin die Guttation nicht nur an den Brennhaaren, sondern auch an den Köpfchendrüsenhaaren in einwandfreier Weise beobachten läßt.

Weitere Experimente, die ich an anderen Pflanzenhaaren angestellt habe, konnte ich jetzt leider nicht verfolgen, doch behalte ich mir dieses Studium für die Zeit nach dem Kriege vor.

Zusammenfassung.

1) In flüssigem Paraffin läßt sich am isolierten Brennhaar leicht die Guttation feststellen und verfolgen.

2) Die am Halse und Köpfchen ausgeschiedenen Flüssigkeitströpfchen lassen sich als Wasser diagnostizieren, da sie sich an den in Paraffin emulgierten Methylenblaukristallen schön bläuen.

3) Im Paraffin, welches durch das mit Soda alkalisierte Nilblau gerötet wurde, geben die zuerst ausgeschiedenen Gasbläschen eine blaue Reaktion, was auf Kohlensäureausscheidung zurückzuführen sein dürfte.

4) Die Wasserausscheidung am Brennhaarköpfchen ist auf eine Plasma-Systole in demselben zurückzuführen; das Brennhaar ist darnach als eine aktive Hydathode aufzufassen.

An dieser Stelle erlaube ich mir noch, meinem Lehrer, Prof. Dr. Maryan Raciborski, für sein Entgegenkommen, welches er mir auch bei dieser Arbeit bewiesen hat, meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

K. und k. Feldpost 351, im Juni 1916.

LITERATUR.

1. Burgerstein Alfred: Materialien zu einer Monographie, betreffend die Erscheinungen der Transpiration der Pflanzen. Verh. d. k. k. zool.-bot. Ges. in Wien. 1887, S. 691—782; 1889, S. 399—464.
2. Crato E.: Beiträge zur Anatomie und Physiologie des Elementarorganismus. Cohn's Beitr. z. Biol. d. Pfl., VII, B. 1896, S. 407, Tafeln XII—XV.

3. Haberlandt G.: Zur Anatomie und Physiologie der pflanzlichen Brennhaare. Sitzgsber. d. Wien. Ak. d. Wissensch. 1886, B. XCIII, 1. Abt.
 4. Haberlandt G.: Über Bau und Funktion der Hydathoden. Ber. der Deutsch. Bot. Ges. 1894, B. XII, S. 367—378, T. XXIV.
 5. Jacob F.: Studien über Protoplasmaströmung. Inaug.-Diss. Weida i. Th. 1913. 52 S.
 6. Martinet: Organes de sécrétion des végétaux. Annales d. Sciences nat. Bot. Tome 14, 1872.
 7. Pfeffer W.: Pflanzenphysiologie. II. Aufl. 1897.
 8. Raciborski M.: Über Schrittwachstum der Zelle. Bull. de l'Ac. des Sc. de Cracovie. 1907, S. 898—937, mit 15 Fig.
 9. Rouppert Kazimierz: Beitrag zur Kenntnis der pflanzlichen Brennhaare. Bull. de l'Ac. des Sc. de Cracovie. 1914, S. 887—896, Taf. 65.
 10. Ruhland W.: Untersuchungen über die Hautdrüsen der Plumbaginaceen. Jhrb. f. wiss. Botanik, B. 55, 1915, S. 409—498, 20 Figuren.
 11. Schilling F.: Über hypertopische und hyperplastische Gewebewucherungen an Sprossachsen, verursacht durch Paraffine. Jhrb. f. wiss. Botanik, B. 55, 1915, S. 177—258, 43 Figuren.
 12. Schmorl G.: Die pathologisch-histologischen Untersuchungsmethoden. VI. Auflage. Leipzig 1912.
 13. Spanier O.: Untersuchungen über die Wasserapparate der Gefäßpflanzen. Bot. Ztg., 1898, B. 56, Heft III/IV, S. 35—81, Taf. III.
 14. Taub S.: Beiträge zur Wasserausscheidung und Intumescenzenbildung bei Urticaen. Sitzgsber. d. Wien. Ak. d. Wissensch., B. CXIX, Abt. 1, 1910.
 15. Wiśniewski P.: Über Induktion von Lenticellenwucherungen bei Ficus. Bull. de l'Ac. des Sc. de Cracovie. 1910, S. 359—367, Taf. XIII. XIV.
-

Świerzbnice (Knautia Coult.) polskie. — Die polnischen Knautia-Arten.

Note

de M. A. J. ŻMUDA,

présentée, dans la séance du 3 Juillet 1916, par M. M. Raciborski m. t.

Nach einer auf Grund der Krakauer Herbarien unter Zuhilfenahme der Abhandlungen „Monographia generis Knautia“ von Dr. Z. Szabó (1911) und der sehr wertvollen „Revisio Knautiarum“ von V. Borbás durchgeführten Revision der Knautien kommen in Polen fünf Arten dieser Gattung mit vielen Varietäten vor. Nur eine Art, nämlich *K. arvensis* (L.) Coult. ist allgemein verbreitet und fehlt in keiner Lokalfloora; die übrigen Arten haben eine mehr beschränkte Verbreitung: *K. pseudolongifolia* (Szabó) wächst nur in den Sudeten, *K. longifolia* (W. K.) Koch nur in den Bukowinaer Karpaten, *K. Kitaibelii* (Schult.) Borb. bewohnt nur die Tatra, die Pieninen und die schlesischen Beskiden, endlich *K. dipsacifolia* (Hst.) Gren. et G. die Karpaten sowie einige wenige Stellen in der Ebene, wohin sie in der Eiszeit, dem nach Norden zurückweichenden Landeise folgend, mit vielen anderen Pflanzen von den Karpaten gelangt sein dürfte.

Die Nomenklatur der *Knautia*-Arten ist in der polnischen Literatur zum Teil irreführend. Nur die Namen: *K. arvensis* (L.) Coult. und *K. longifolia* (W. K.) Koch wurden allgemein und größtenteils richtig verwendet. *K. Kitaibelii* (Schult.) Borb. findet man meistens unter dem Namen *K. carpatica* (Fisch.) Heuff. *K. dipsacifolia* (Hst.) Gren. et G. wurde mit verschiedenen Namen bezeichnet, und zwar meistens als *K. silvatica* (L.) Duby, aber auch als *K. lancifolia* Heuff. und sogar als *K. drymeia* Heuff. *K. silvatica* (L.) Duby umfaßt aber außer der *K. dipsacifolia* (Hst.) Gr. et G. z. B. auch die im südlichen Siebenbürgen (in 1000—2000 m Meereshöhe) wachsende *K. lancifolia* Heuff., *K. drymeia* Heuff. der Alpen, des südlichen Ungarns und der Balkanhalbinsel sowie andere verwandte Arten.

Auf Grund des bearbeiteten Materials konnte die von Szabó angegebene Verbreitungsgrenze der *K. dipsacifolia* (Hst.) Gr. et G. einigermaßen richtiggestellt werden. Nach Szabó, welchem die Standorte dieser Pflanze in der polnischen Ebene unbekannt waren, verläuft die betreffende Nordgrenze anfänglich in östlicher Richtung von Österr. Schlesien über den Nordrand der Karpaten etwas südlich von Krakau, nimmt dann im Meridian von Sandomierz eine südöstliche, dem Dnjestr parallele Richtung an, überschreitet den Pruth und zieht dann durch die nordöstlichen Abhänge der Ostkarpaten gegen Süden nach Siebenbürgen. Für eine genaue Feststellung der Verbreitung sind die bisher bekannten Fundorte dieser Pflanze in der polnischen Ebene noch zu wenig zahlreich und liegen noch zu sehr zerstreut. Annähernd geht ihre Grenze von Preuß. Schlesien in einem stark gekrümmten Bogen durch Königreich Polen: Warschau, Radom, Turobin und Kraśnik (Gouv. Lublin), erreicht dann Galizien bei Tarnopol, biegt hierauf nach Süden um und fällt endlich mit der von Szabó angegebenen Linie zusammen.

Die zwei nahe verwandten Arten *K. arvensis* (L.) Coult. und *K. Kitaibelii* (Schult.) Borb. sind nach den bisher angegebenen Merkmalen nur mit Mühe zu unterscheiden; als ein Hauptunterschied gilt die gelbe Blütenfarbe der *K. Kitaibelii*, was sehr oft zu einer Verwechslung mit der hie und da mit dem Typus vorkommenden, weißlichblühenden Form *albida* Klett und R. der *K. arvensis* (L.) Coult. Anlaß gibt. Nach den Beobachtungen des Verf. im Tatra-gebirge bilden ein viel zuverlässigeres Merkmal die vegetativen Teile der Pflanze: man erkennt nämlich eine *K. Kitaibelii* (Schult.) Borb. in der Natur von der weißblühenden gewöhnlichen *K. arvensis* sofort an den zahlreichen starken Büscheln langgestielter Blätter, die den blühenden Stengel immer begleiten und bis zur Hälfte seiner Höhe reichen, während bei der wildwachsenden *K. arvensis* sterile Blätterbüschel entweder fehlen, oder, wenn bei der blühenden Pflanze vorhanden, immer sehr jung und niedrig sind.

K. arvensis (L.) Coult. s. str. In ganz Polen gemein, steigt in den Karpaten: auf der Babia Góra nach Zapałowicz bis zu 1544 m, in der Tatra nach Kotula bis zu 1894 m, in den Ostkarpaten nach Zapałowicz bis zu 1150 m. — *var. pratensis* Schm. em. Szabó ist bis zu 1000 m eine der gemeinsten Formen. — *var.*

tomentosa W. et Gr. Nur als *for. simpliciflora* Lej. et C. in Wola Justowska bei Krakau (lg. Żmuda). — *var. trivialis* (Schm.) Beck. In Polen selten, bisher nur in Galizien: Tarnów (lg. Bieniasz), Kossower und Kołomyjaer Kreis (lg. Śleńdziński, Rehman). — *var. agrestis* (Schm.) Beck. Bis zu 1000 m nicht selten. — *var. hispida* Mutel. Nur einmal in Galizien, an der Grenze Volhyniens und Podoliens gefunden: Makutra bei Brody (lg. Raciborski). — *var. collina* (Schm.). Selten, bisher nur in den Karpaten (lg. Rehman als *K. longifolia* W. K., Śleńdziński, Wołoszczak, Zapałowicz Żmuda). — *var. decipiens* Krašan. Nur an trockenen Standorten, selten, bisher nur: Kostrze bei Krakau, auf Kalkfelsen (lg. Żmuda), Kozaczyzna (Bez. Borszczów), Jasienów Górny (Bez. Kołomyja), Sz wajkowce-Szmańkowce (Bez. Czortków) und Plebanówka bei Trembowla (lg. Śleńdziński). — *var. fallax* Briq. Selten: Zakrzówek bei Krakau, Baszowice bei Łysogóry in Königr. Polen (lg. Żmuda), Uścieryki im Tale des Schwarzen Czeremosz in den Ostkarpaten (lg. Śleńdziński). — *var. glandulosa* Froel. Auf Wiesen bis zu 1000 m Meereshöhe gemein. — *var. integrata* Briq. selten. — *var. polonica* nov. var.: caule robusto, gracili, simpliciter, folioso, infra purpurascens, capitulis solito minoribus, pedunculis pilosis valdeque glandulosis, phyllis involucri glabriusculis, foliis integris, lanceolatis, acutis, obscure viridibus, glaberrimis, inferioribus purpurascens, superioribus linearibus, margine revolutis. Proxima *var. integratae* Briq., a qua optime differt foliis glaberrimis, superioribus linearibus, margine revolutis, phyllis involucri glabriusculis. Bisher nur an der Grenze Volhyniens und Podoliens: Makutra bei Brody in Galizien (lg. Raciborski). — *var. nana* (Szabó). Nur auf der Babia Góra in den Westbeskiden (lg. Zapałowicz). — *var. subcaulis* (Schur) Borb. Im ganzen Gebiet, aber selten: Krzemionki bei Krakau (lg. Żmuda), Plebanówka bei Trembowla (lg. Śleńdziński) und Ciechocinek (Gouv. Warschau; lg. Rouppert).

K. pseudolongifolia (Szabó). Bisher nur in den Sudeten nach Szabó (Monogr. 244) auf der Schneekoppe (lg. Engler, Fieck).

K. Kitaibelii (Schult.) Borb. Nur in der Tatra (auf der polnischen Seite nach Kotula in 1000—1894 m Meereshöhe), den Pieninen und schlesischen Beskiden, ziemlich häufig. — *var. carpativa* (Fisch.) Borb. Sehr selten; aus der polnischen Tatra bisher unbekannt, an den Süabhängen der Tatra, besonders in der Liptau nicht selten. —

var. pubescens (Kit.) Borb. Bisher nur am Nordrande der West-Beskiden: Śledziejowice bei Wieliczka (lg. Wodzińska). — *var. lanceolata* Holuby. Bisher nur auf der Südseite der Tatra. — *var. Kossuthii* (Pant.) Borb. In der Tatra und den Pieninen die häufigste Varietät, in der Literatur als *K. carpatica* (Fisch.) Heuff. angegeben. — *var. tomentella* (Szabó) und *var. scapiformis* Borb. sind bisher in Polen nicht gefunden worden.

K. longifolia (W. K.) Koch *var. Kochii* Brügg. Nur in den Bukowinaer Karpaten, in der Wald- und Krummholzregion sehr selten: Sochard (lg. Herbiech, Rehman), Kolbu (lg. Rehman), hier wahrscheinlich auch eine *K. longifolia* (W. K.) Koch $\times$ *K. dipsacifolia* (Hst.) Gr. et G. Nach Herbiech auch am Futurik und Jedal. Die polnischen Standorte aus den pokutischen Karpaten können nach Herbarpflanzen ausnahmslos nur für *K. dipsacifolia* (Hst.) Gr. et G. gelten.

K. dipsacifolia (Hst.) Gr. et G. Besonders in den Ostkarpaten, nach Zapałowicz zwischen 1230 und 1960 m nicht selten, gegen Westen viel seltener, wenn auch in den Pieninen noch ziemlich häufig. Rehman hat sie vom Kościeliskotal in der Tatra angegeben, wo sie aber nicht wiedergefunden wurde. In den Westbeskiden selten und noch seltener in der Ebene, wo nur wenige Standorte bekannt sind: Winniki und Hołosko bei Lemberg (Zawadzki), Warschau (Szubert), Radom (Waga), Turobin, Kraśnik (Jastrzębowski). Die Angaben von Litauen: Puszcza Białowieża (Ejsmond), Mińsk (Eichwald) und Wilno, sind nach Schmalhausen nach Originalexemplaren als unrichtig zu betrachten. — *var. vulgata* (Kitt.) scheint in Polen sehr selten vorzukommen, und zwar nur in den Karpaten. — *var. praesignis* Beck. Ziemlich häufig, besonders in den Ostkarpaten. — *var. semicalva* Borb. ist die häufigste Varietät der Karpaten und der Ebene (z. B. Natolin bei Warschau; lg. Łapczyński). — *var. stenophylla* Borb. In den Karpaten nicht selten. — *var. pachyderma* Briq. Bisher nur in den Ostkarpaten: Jablonica bei Tartarów, Przysłop am Schwarzen Czeremosz (lg. Wołoszczak). — Von der *var. pocutica* Szabó, welche von Szabó aus dem Komitate Marmaros angegeben wurde, hat der Verf. kein polnisches Exemplar gesehen.

*Wolno żyjące nicienie z Polski. Część II. — Freilebende
Nematoden aus Polen. II. Teil.*

Note

de M. **W. STEFAŃSKI**,

présentée, dans la séance du 3 Juillet 1916, par M. M. Siedlecki m. c.

(Planche 9).

Das Material für die vorliegende Arbeit verdanke ich der Liebenswürdigkeit des Herrn Dr. Roszkowski, der mir nochmals Nematoden aus demselben Gebiet sandte, von welchem der erste Teil dieser Arbeit¹⁾ handelte, nämlich aus der Umgebung von Ruda Maleniecka in Polen. Das Material stammt jedoch diesmal nicht nur aus der Czarna, einem Nebenfluß der Pilica, sondern auch aus einem Fischteich sowie aus einem mit Wasser gefüllten Graben; auch stand mir etwas Moos (*Sphagnum* und andere) zur Verfügung.

Ich gestatte mir hier, Herrn Dr. Roszkowski meinen aufrichtigsten Dank für Überlassung dieses Materials auszusprechen.

Im Süßwasser lebende Arten.

Cephalobus striatus Bastian.

Junges Exemplar, ♀. Länge 0.441, $\alpha = 20$, $\beta = 3\frac{1}{2}$, $\gamma = 11$.

Das einzige Exemplar, welches von mir im Detritus aus der Czarna gefunden wurde, stimmt vollkommen mit der typischen, von De Man beschriebenen Form überein.

¹⁾ Siehe: W. Stefański, Nouvelles espèces de Nématodes provenant de la Pologne im Zool. Anz., Bd. XLV, Nr. 8, 1915 und im Bulletin des Sciences de Varsovie, 1914.

Cyatholaimus nicoletzkyi Stefański.

Mehrere Exemplare aus dem Detritus der Czarna.

Dorylaimus spec. (Fig. 1 a, b, c).

Die Cuticula erscheint nur in der Kopfregion gestreift, sonst ist sie in ihrer ganzen Ausdehnung glatt. Die Kopfregion (Fig. 1 a) ist von sechs gut ausgebildeten, abgerundeten Lippen umgeben, die an ihrem äußersten Ende je eine Papille tragen. Der kräftige Stachel ist auf beiden Seiten durch zwei Verdickungen verstärkt. Der Oesophagus ist in seinem vorderen Teil schmal und gegen seine Mitte hin verdickt. Der Darm ist gleichmäßig mit einer granulierten Masse angefüllt. Das untersuchte Weibchen hatte nur wenig entwickelte Ovarien. Die typische Vulva liegt im Vorderteil des Körpers. Der Schwanz ist kurz und abgerundet (Fig. 1 c); die Cuticula ist zusammengedrückt und besteht in diesem Teile des Körpers aus drei Schichten.

Nach der Form des Stachels und des Schwanzes gehört diese Art in die Kategorie β , welche De Man für die *Dorylaimus*-Arten mit typischem Stachel und kurzem, abgerundetem Schwanz aufgestellt hat. Durch ihre gut entwickelten und abgerundeten Lippen und durch die Struktur der Cuticula der Kaudalregion ähnelt diese *Dorylaimus*-Art dem *Dorylaimus obtusicaudatus* Bastian, weicht jedoch von demselben durch die viel schlankere Körperform bedeutend ab. Die zwei Verdickungen an den Seiten des Stachels sprechen auch dafür, daß es sich um eine neue Art handelt. Die Anzahl der ähnlichen *Dorylaimus*-Arten ist jedoch so groß, daß ich mich auf eine Beschreibung der in Rede stehenden Form beschränke und davon absehe, ihr einen Namen zu geben, besonders, da ich von derselben leider nur ein einziges Exemplar gefunden habe.

Diese Form stammt aus einem Wassergraben.

Ironus longicaudatus De Man¹⁾.

Diese Art tritt stets in großer Anzahl auf. Sie wurde in der Czarna und in einem Wassergraben gefunden.

Ironus truncatus nov. spec. (Fig. 2).

Diese Art ist von mehr gedrungenem Körperbau als *Ironus ignavus*. Die Kopfregion ist von sechs Borsten umgeben, welche

¹⁾ S. W. Stefański a. a. O.

kürzer, aber viel stärker sind als diejenigen von *Ironus ignavus*. Der Bau des Oesophagus und des Darms stimmt mit demjenigen des *I. ignavus* vollkommen überein. Die Vulva liegt hinter der Mitte des Körpers; wenigstens war dies der Fall bei dem einzigen Exemplar, welches mir zur Verfügung stand. Von der starken Muskulatur der Ovidukte, wie sie für *Ironus ignavus* charakteristisch ist, sieht man hier nichts.

Vor allem ist aber die Form des Schwanzes für unsere Art charakteristisch (Fig. 2). Bis zur Mitte verschmälert sich der Schwanz nur sehr wenig, verjüngt sich darauf plötzlich stark und verläuft weiter, ohne seinen Durchmesser zu verringern; sein Ende ist abgerundet, nicht in eine Spitze ausgezogen.

Das untersuchte Weibchen besaß gut entwickelte Geschlechtsorgane, jedoch Eier waren nicht vorhanden.

Körperlänge: 2.489 mm; $\alpha = 37$ (gegen 50—60 bei *Ironus ignavus*); $\beta = 5$; $\gamma = 15$.

Habitat: Czarna.

Ironus ignavus Bastian.

Es ist sehr interessant, daß diese Art im Vergleich mit *Ironus longicaudatus* in dem von mir untersuchten Material sehr selten ist. Ich fand von derselben nur ein einziges Individuum, während sie anderswo häufig vorkommt. Im Genfer See wurde *Ironus longicaudatus*, wenigstens bis jetzt, nicht gefunden, während *Ironus ignavus* daselbst sehr häufig ist.

Monohystera similis Bütschli¹⁾.

Habitat: In der Czarna sowie in Wassergräben.

Monohystera dispar Bastian.

♀. Körperlänge: 0.703 mm; $\alpha = 22$; $\beta = 5$; $\gamma = 7\frac{1}{2}$.

Habitat: Czarna.

Monohystera paludicola De Man.

Ich fand im Material aus der Czarna nur ein Männchen.

Der Ocellus war bei dem in Formol konservierten Exemplar gut erhalten.

♂. Körperlänge: 0.828; $\alpha = 30\frac{1}{2}$; $\beta = 5$; $\gamma = 7$.

¹⁾ S. W. Stefański a. a. O.

Mononchus spec. (Fig. 3 a, b).

Ich fand nur ein einziges, und zwar junges Exemplar mit noch nicht wahrnehmbarer Vulva. Die Kopfregion (Fig. 3 a) war von dem übrigen Körper kaum deutlich zu unterscheiden und zeigte sehr wenig ausgebildete Lippen mit sechs deutlichen Borsten. Die Mundhöhle mit ihrem dorsalen Zahn über der Mitte erinnert in ihrer Form an diejenige bei *M. macrostoma*, es fehlt aber das im Munde quer gelagerte, für *M. macrostoma* charakteristische Ligament. Der Schwanz (Fig. 3 b) ist kurz und rundlich abgestutzt; man sieht an seinem Ende die Mündung des Kanals der Kaudaldrüsen.

Körperlänge: 0.711 mm; $\alpha = 35$; $\beta = 3$; $\gamma = 18$. Länge der Mundhöhle = 0.016 mm; Breite der Mundhöhle = 0.009 mm.

Habitat: In einem Tümpel gefunden.

Plectus cirratus Bastian.

Körperlänge: 0.975 mm; $\alpha = 15$; $\beta = 5$; $\gamma = 7$.

Habitat: Czarna; kommt auch in Gräben und Tümpeln vor, überall in zahlreichen Exemplaren.

Alaimus primitivus De Man.

Das einzige von mir im Material aus einem Tümpel gefundene Exemplar ist ein vollkommen typischer Vertreter dieser Art.

Tripyla punctata nov. spec. (Fig. 4 a, b, c).

Dieser Nematode ist um die Hälfte kleiner als *T. papillata*. Seine Cuticula zeigt eine vollkommene Streifung und ist außerdem mit kleinen, runden, zwischen den Streifen reihenweise geordneten Körperchen versehen. Die Kopfregion (Fig. 4 a) ist vom Körper wenig abgesetzt und zeichnet sich durch drei Lippen aus, deren jede auf dem Scheitel eine kleine Papille trägt. Weiter unten befindet sich eine Reihe von sechs dicken Borsten und ventral davon noch eine Reihe von sechs Papillen, die noch besser ausgebildet sind als die weiter oben liegenden. Der an seinen beiden Enden etwas erweiterte Oesophagus zeigt in der Kopfregion eine charakteristische, cuticulare Anschwellung seines Lumens. Die Genitalorgane sind symmetrisch; die Vulva liegt hinter der Mitte des Körpers; die untersuchten Weibchen vom Monat Mai trugen je ein Ei. Der Schwanz verjüngt sich von vorn nach hinten gleichmäßig und en-

digst mit einem ähnlichen kleinen Knopf (Fig. 4 b, c), wie er für *T. papillata* charakteristisch ist.

Von Männchen fand ich nur ein einziges Exemplar; es ist viel größer als das Weibchen. Auf seiner Ventralseite befindet sich eine sich bis in die Kopfregion hinein erstreckende Reihe von 16 Papillen. Die Spicula sind dünn, tragen ein akzessorisches Stück und weichen von denjenigen bei *T. papillata* in keinerlei Weise ab.

♀. Körperlänge 1.377 mm; $\alpha = 30$; $\beta = 5$; $\gamma = 6$.

♂. " 1.665 " $\alpha = 29$; $\beta = 4$; $\gamma = 7\frac{1}{2}$.

Habitat: Zwei Weibchen und ein Männchen sind in der Czarna, in grobem pflanzlichem Detritus gefunden worden.

Trilobus gracilis Bastian.

Diese Art, deren große Variabilität in meinen früheren Arbeiten mit Nachdruck hervorgehoben und von Micoletzky graphisch dargestellt wurde, ist in dem behandelten Material durch zwei Formen vertreten; die eine davon nähert sich der typischen, von De Man beschriebenen Form, die andere weicht von derselben durch die fein punktierte Cuticula ab.

Trilobus gracilis Bastian, *forma typica*. (Fig. 5 a, b).

Die Cuticula ist glatt. Die sechs Lippen sind gut entwickelt, ebenso die die Lippen umgebenden Borsten (Fig. 5 a). Die Mundhöhle ist weit. Der lange Schwanz (Fig. 5 b) verjüngt sich von vorn nach hinten allmählich und wird etwa von seiner Mitte an fadenförmig.

Trilobus gracilis Bastian, *var. punctata* nov. var. (Fig. 6 a, b).

Die innere Schicht der Cuticula ist deutlich gestreift; die äußere Schicht trägt feine, in Reihen geordnete, in der ganzen Kopfregion sichtbare Pünktchen. Die Lippen und die Papillen sind schwach entwickelt, ebenso die Borsten (Fig. 6 a). Die Mundhöhle ist weniger weit als bei der typischen Form. Der viel kürzere Schwanz (Fig. 6 b) verjüngt sich gleichmäßig, ohne fadenförmig zu werden.

Obwohl ich eine große Zahl von Individuen untersuchte, fand ich weder bei der typischen Form noch bei der Varietät Männchen, obwohl selbe bei den anderen Arten ziemlich häufig sind. Beide Formen sind gleich häufig.

Habitat: In Wassergräben und Tümpeln sowie in der Czarna.

In Moos lebende Arten. :

Das in geringer Menge untersuchte Moos lieferte folgende zwei Arten:

Bunonema reticulatum Richters.

In mehreren Exemplaren gefunden.

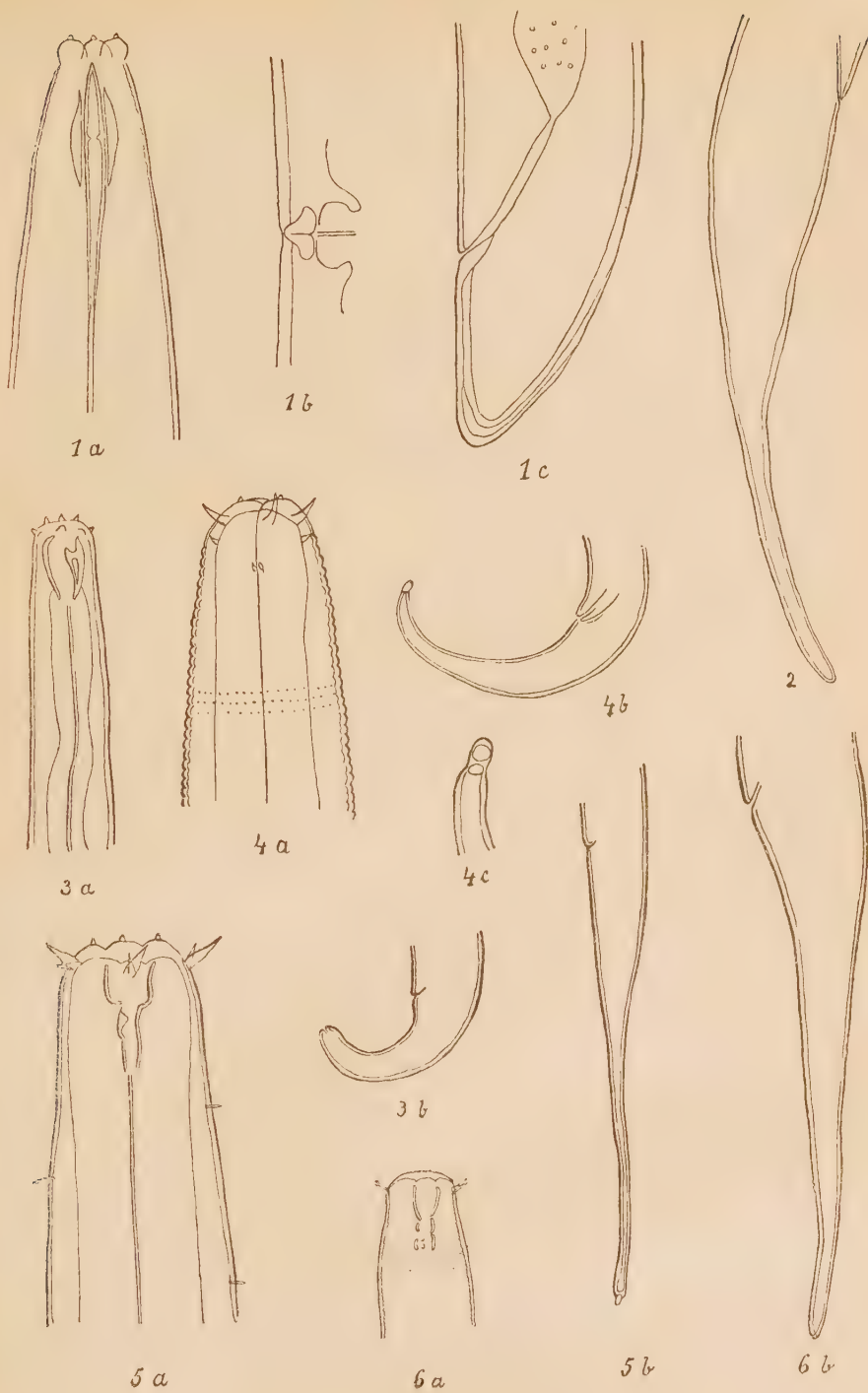
♀. Körperlänge: 0.266 mm; $\alpha = 19$; $\beta = 3\frac{1}{2}$; $\gamma = 15$.

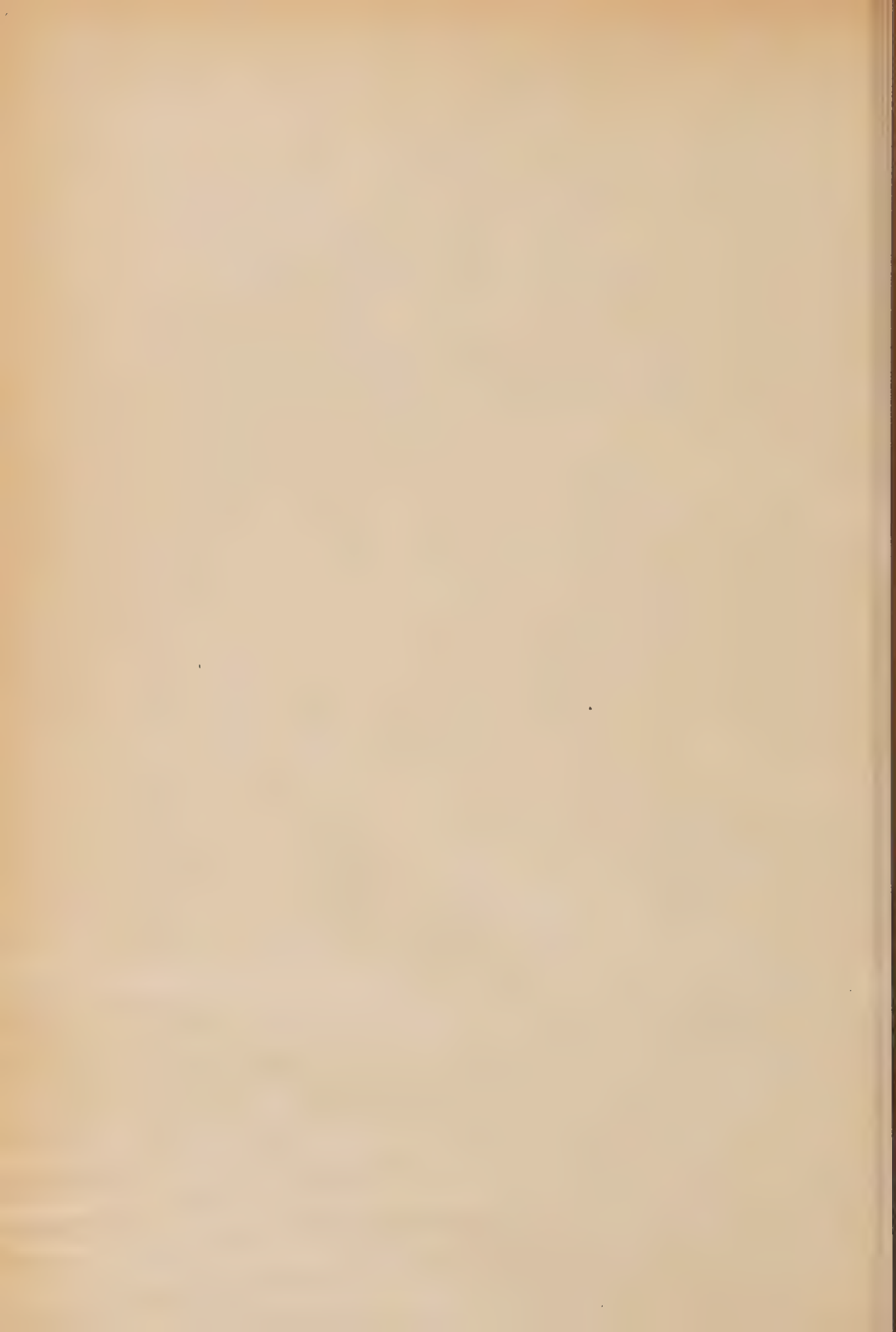
Teratocephalus terrestris Bütschli.

Von den für diese Art charakteristischen Einzelheiten des Baues konnte ich leider nur die Lateralorgane genauer untersuchen.

♀. Körperlänge: 0.340 mm; $\alpha = 25$; $\beta = 5$; $\gamma = 5$.

Genf, 17. VI. 1916.





Chemiczne bodźce gruczołów żółdkowych. II: Wpływ produktów trawienia białka i ciał wyciągowych na czynność wydzielniczą żółdka. — Über chemische Reize der Magendrüsen. II. Über den Einfluß der Produkte der Eiweißverdauung und der Extraktivstoffe auf die sekretorische Tätigkeit des Pankreas.

Mémoire

de M. **Z. TOMASZEWSKI,**

présenté, dans la séance du 3 Juillet 1916, par M. St. Bądryński m. c.

Trotz der Durchschneidung der Nn. vagi hört die Sekretion des Magensaftes nicht auf. Eine notwendige Bedingung dieser Sekretion ist die Anwesenheit der Speisen im Magen. Da aber die Speisen nach Maßgabe der Verdauung in den Darm übergehen, ist die Beteiligung der Gedärme an dieser Funktion des Magens nicht nur nicht von der Hand zu weisen, sondern vielmehr sogar wahrscheinlich. Es erschien deshalb von Wichtigkeit, außer dem Anteil des Magens auch denjenigen des Darmes an der sekretorischen Tätigkeit des Magens zu bestimmen. Die Ausscheidung des Magensaftes nach Einnahme der Speisen bildet die zweite Periode in der sekretorischen Tätigkeit des Magens; diese wurde von Popielski als *sekundär*, von Bickel als *parenchymatös*, von Pawłow als *chemisch* bezeichnet im Unterschied von der ersten Periode, welche bei Pawłow die psychische, bei Popielski und Bickel die primäre heißt. Schneidet man die Nn. vagi durch, so wird die erste Periode ausgeschaltet, und es bleibt dann nur die zweite Periode übrig.

Meine Untersuchungen stellte ich in Form von chronischen Versuchen an Hunden an. Um den Einfluß des Darmes zu erforschen, wurde den Hunden außer einer Magenfistel auch eine Darmfistel angelegt. Mittels eines aufgeblasenen Ballons wurden die Gedärme

vom Magen abgesondert, und nun führte ich die zu untersuchenden Substanzen in den Darm ein. Es hat sich herausgestellt, daß Produkte der Magensaftverdauung des Fibrins (Pepton Witte = P. W.) und des Fleisches nach Einführung in den Darm keine Magensaftsekretion hervorrufen. Ebensowenig kam nach Einführung von Extraktivstoffen in Form von Liebig's Fleischextrakt eine Absonderung des Magensaftes zustande; es wurden dabei nur unbedeutende Mengen Schleim von sehr geringer Azidität erhalten (2 cm^3 — 7 cm^3 — 9 cm^3 bei einem Hunde von 31 kg Gewicht). Auch durch Einführung des P. W. und des Liebig'schen Extraktes in den Mastdarm wird keine Magensaftsekretion bewirkt. Subkutane Einführung des P. W. bleibt ebenfalls vollkommen wirkungslos. Liebig's Fleischextrakt bewirkt nach subkutaner Einführung ähnlich wie andere Organextrakte eine Absonderung von dem im I. Teile der vorliegenden Arbeit beschriebenen Charakter.

Die sich auf den Anteil des Magens in der Sekretion beziehenden Untersuchungen führte ich an Hunden mit dem kleinen Heidenhain'schen Magen aus, und es gelang mir auf diese Weise, den ungreifbaren und schwer kontrollierbaren, mit der Einführung der untersuchten Substanzen in den Magen verbundenen Einfluß des „psychischen“ Momentes auszuschalten. Die während der Ausschneidung des kleinen Magens durchschnittenen Nerven degenerieren, so daß die Notwendigkeit einer Untersuchung des Einflusses des Atropins auf die beobachtete Sekretion entfällt. Es stellte sich heraus, daß sowohl P. W. als auch Liebig's Extrakt einen mächtigen Reiz auf die Magendrüsen ausüben; 25.0 cm^3 P. W. bewirkten bei einem 17 kg schweren Hund eine Ausscheidung von 90 cm^3 , und 25.0 cm^3 des Liebig'schen Extraktes eine Sekretion von 70.0 cm^3 . Da aber der Heidenhain'sche Magen in meinen Untersuchungen nur $\frac{1}{7}$ — $\frac{1}{10}$ des ganzen Magens ausmachte, so erhalten wir für die Magensaftsekretion des ganzen Magens kolossale Zahlen.

Durch die Untersuchung chemischer Eigenschaften des in Liebig's Extrakt vorkommenden wirksamen Stoffes wurde festgestellt, daß derselbe in Wasser, in Äthyl- und in Methylalkohol leicht löslich ist und durch Phosphorwolframsäure, nicht aber durch kolloidales Eisen gefällt wird. Angesichts dieser Eigenschaften kann der wirksame Stoff weder eine Albumose noch ein Pepton oder ein Extraktivstoff (Xanthin, Hypoxanthin, Kreatin, Kreatinin, Sarkin, Karmin) noch ein Mineralsalz (NaCl , KCl) sein.

Interessant ist es, daß weder Salze noch Wasser, welche von Pawlow und seinen Schülern als sichere, sogar (NaCl) als starke Reize der Magendrüsen betrachtet wurden, eine Absonderung des Magensaftes, und zwar weder durch Vermittlung des Darmes noch durch diejenige des Magens bewirken.

Welche Körper können also als Reize der Magendrüsen wirken? Wir wissen, daß Brot im Magen eines Hundes mit durchschnittenen Nn. vagi verfault und keine Magensaftabsonderung hervorruft; wird aber Wasser hinzugefügt, so tritt die Verdauung ein, und es wird der Magensaft abgesondert. Frisches Fleisch wird gut verdaut und ruft eine Magensaftabsonderung hervor. Es sind demnach schon im Brot und im Fleisch wirksame Stoffe in fertigem Zustande enthalten und werden durch Wasser nur extrahiert. Es ist wahrscheinlich, daß derartige Stoffe auch in anderen Speisen vorkommen. Diese Annahme ergibt sich auch aus den Versuchen von Eisenhardt¹⁾, welcher in der Milch, im Fleisch, im Spinat Stoffe gefunden hat, die nach ihrer Einführung in den Magen eine Magensaftabsonderung hervorrufen. Das Pepton Witte wird aus Fibrin, einem festen und in Wasser unlöslichen Körper erhalten. In Anbetracht dessen erscheint der Schluß zulässig, daß während der Eiweißverdauung ebenfalls ein Körper entsteht, welcher die Magensaftabsonderung hervorruft. Es bleibt vorläufig unentschieden, ob derselbe mit dem wirksamen Stoffe von Liebig's Extrakt identisch ist.

Hinsichtlich des Mechanismus der Magensaftabsonderung unter dem Einflusse des P. W. und des Extraktes Liebig's können zwei Annahmen gemacht werden: 1) Entweder kommt die Sekretion im Wege eines Nervenreflexes zustande, in welchem Falle als Reflexzentrum die in der Magenwand²⁾ selbst gelegenen Plexus betrachtet werden können, 2) oder es bildet sich, infolge des Vorganges der Aufsaugung des wirksamen Stoffes, in den Schleimhautzellen ein Körper, welcher, nachdem er ins Blut aufgenommen worden ist, die Magensaftabsonderung hervorruft.

Durch unmittelbare Einführung des P. W. und des Extraktes

¹⁾ Eisenhardt: Internat. Beiträge..., herausg. von Bickel, B. II, S. 203, 1910.

²⁾ Popielski: Über das reflektorische Zentrum der Magendrüsen. Ztbltt. für Physiologie 1902. H.5.

Liebig's in den Blutkreislauf wird nur eine ganz geringfügige und kurzdauernde Absonderung durch Vermittlung des in diesen Körpern enthaltenen Vasodilatins erhalten. Die Bestandteile derselben rufen offenbar nach Aufsaugung in den Blutkreislauf keine Sekretion hervor, denn durch Einführung derselben in den Darm, von wo vorzugsweise die Aufsaugung erfolgt, wird keine Sekretion bewirkt.

Chemiczne podniety nerwów. — Die chemischen Reize der Nerven.

Mémoire

de M. **FR. CZUBALSKI**,

présenté, dans la séance du 3 Juillet 1916, par M. N. Cybulski m. t.

Das Wesen der chemischen Reizung der Nerven ist bis heute, trotz zahlreicher Arbeiten auf diesem Gebiete, vom physiologischen Standpunkte wenig geklärt worden. Nach den Untersuchungen Overton's¹⁾ wirken K-, Rb-, Cs- und NH₄-Salze im allgemeinen auf die motorischen Nerven paralyisierend. SrCl₂ und CaCl₂ steigern, wenn sie zu einer Lösung der genannten Salze hinzugefügt werden, die Widerstandskraft des Nervengewebes; Ba und Mg besitzen dagegen diese entgiftenden Eigenschaften nicht. Dieser Befund veranlaßte Overton, die von Loeb angenommene antagonistische Wirkung der zwei- und der einbasischen Salze zu bestreiten. Hirschmann²⁾, der die chemische Reizung der Nerven eingehend untersucht hat, kam zu dem Schlusse, daß neutrale Salze in 0·4—0·5 Molekulargewicht enthaltenden Lösungen einen reizenden Einfluß auf die Nerven ausüben und dabei die Intensität des Reizes von der Beschaffenheit der Anionen unabhängig ist. Grützner³⁾ untersuchte den Einfluß verschiedener chemischer Substanzen auf die motorischen und die sensiblen Nerven und kam dabei in bezug auf diese zwei Arten von Nerven zu wesentlich verschiedenen Resultaten. Die motorischen Nerven werden am kräftigsten durch NaFl gereizt, Verbindungen von J, Br und NaCl entfalten eine schwächer reizende Wirkung; CsCl wirkt stärker als RbCl, dieses wiederum stärker als KCl; von den Chlorsalzen der Erdalkali-

¹⁾ Pflüger's Archiv f. d. g. Ph., Bd. 105, S. 176, 256.

²⁾ Pflüger's Archiv f. d. g. Ph., Bd. 49, S. 301.

³⁾ Pflüger's Archiv f. d. g. Ph., Bd. 53, S. 83.

metalle ist die Wirkung der Verbindungen von Ba auf die motorischen Nerven stärker als die derjenigen von Sr und Ca, hingegen werden die sensiblen Nerven durch KCl stärker als durch KBr und am schwächsten durch KJ gereizt. Weitere von Mathews¹⁾ angestellte Untersuchungen haben erwiesen, daß Salze in Lösungen von $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{2}$ Molekulargewicht eine Reizung der Nerven auszulösen vermögen. Die betreffenden Eigenschaften der Lösungen sollen nach Mathews nicht von der chemischen Natur der aufgelösten Substanzen, sondern von der elektrischen Ladung ihrer Ionen abhängen; die Anionen sollen dabei eine reizende, die Kationen eine hemmende Wirkung ausüben. Nach den von mir erhaltenen Resultaten ist die letzterwähnte Behauptung unhaltbar.

Aus dieser Zusammenstellung der wichtigsten Arbeiten über die chemische Reizung der Nerven ist es ersichtlich, wie widersprechend die Ansichten verschiedener Autoren sind und wie schwer es ist, klare Einsicht in diese Frage zu gewinnen. Die Schwierigkeit besteht darin, daß jeder Forscher seine Untersuchungen unter anderen Versuchsbedingungen anstellte und andere Momente zur Beurteilung der erhaltenen Resultate heranzog. Dies ist ja auch begreiflich, da die Untersuchungen über die chemische Reizung der Nerven mit viel Umsicht angestellt werden müssen. Vor allem müssen die Lösungen, in welche der Nerv eingetaucht wird, genau isotonisch sein, und zwar nicht nur gegeneinander, sondern auch im Verhältnis zu dem untersuchten Nervengewebe, da sonst die beobachteten Änderungen in dem Zustande der Nerven nicht von der chemischen Natur, sondern von den physikalischen Eigenschaften der Lösung herrühren können; bekanntlich bewirkt diese je nach ihrer Konzentration eine Aufnahme oder Abgabe des Wassers durch die Nerven, was bedeutende Schwankungen in der Reizbarkeit der Nerven zur Folge hat. Die Dauer des Experimentes muß auch beschränkt sein, damit das Verdampfen der Lösung und die eventuellen Konzentrationsveränderungen derselben vermieden werden. Selbstverständlich muß auch das Nerven- und Muskelpräparat aufs genaueste vor äußeren Schädlichkeiten geschützt sein. Allen diesen Bedingungen wurde jedoch von den oben erwähnten und anderen²⁾ Autoren nur in geringem Maße Rechnung getragen.

¹⁾ Amer. Jour. f. Phys., Bd. 11 u. Z. f. Ph., Bd. 18, S. 564.

²⁾ G. Liljenstrand, Skand. Arch. f. Ph., Bd. 22, S. 339.

Um der Frage näher zu treten, habe ich eine Reihe von Experimenten über die chemische Reizung der Nerven unternommen, in der Hoffnung, daß man dabei zu Ergebnissen wird kommen können, welche einen tieferen Einblick in die betreffenden Erscheinungen und vielleicht auch eine Lösung der interessanten Frage nach der Reizbarkeit und dem Aktionszustande des lebenden Gewebes ermöglichen werden. Meine Versuche, im ganzen 65, führte ich ausschließlich an Fröschen aus, die in Zimmertemperatur gehalten wurden. Den Fröschen wurde der *Nervus ischiadicus* vorsichtig in seiner ganzen Länge auspräpariert, in der Nähe der Wirbelsäule durchgeschnitten, und hierauf der Unterschenkel samt seinem ganzen auspräparierten Nerven abgeschnitten. Die Reizbarkeit des auf nichtpolarisierende Elektroden aufgelegten Nerven wurde genau bestimmt, und zwar durch den Abstand der Induktionsspulen (in der ersten Versuchsserie) oder durch die Zentimeterzahl des Rheochords bei den Kondensatorentladungen (in der zweiten Serie) im Momente der Zuckung. Dann wurde der Unterschenkel auf eine Glasplatte gelegt, der Nerv aber in zwei kleine Gefäße mit der geprüften chemischen Lösung eingetaucht. Diese in unserem Physiologischen Institute hergestellten Gefäße stellten zwei kleine Röhrchen von $\frac{1}{2}$ cm Durchmesser und 2–3 cm Länge dar (Fig. 1). Beide Gefäße waren miteinander durch eine Glasbrücke verbunden, die sich ein wenig über das Niveau der Gefäße erhob. Bei dieser Vorrichtung lag der zentripetale und der zentrifugale (dem Muskelpräparate näher liegende) Teil des Nerven in der Flüssigkeit, der mittlere, einige Millimeter lange Teil dagegen auf der Glasbrücke. In die Wände der beiden Röhrchen waren Elektroden in Form von Platindrähten eingeschmolzen. Die Gefäße samt der Brücke wurden darauf mit einer konkaven Glasdecke zugedeckt und alle Fugen zwischen den Gefäßen und dem Glasdeckel mit feuchter Watte ausgefüllt, um das Verdampfen der Lösung aus den Gefäßen und das Austrocknen des auf der Brücke liegenden Nerventeiles zu vermeiden. Alle Veränderungen in der Reizbarkeit des in diesem Gefäße sich befindenden Nerven wurden mittels elektrischer Reizung (Induktionsspule oder Kondensator) geprüft; zu diesem Zwecke wurden die Elektroden der Glasgefäße mit einer Elektrizitätsquelle verbunden. Die dem Muskel näher liegende Elektrode war dabei negativ. Wie ersichtlich, dienten als Maßstab der durch die Einwirkung der chemischen Substanzen hervorgerufenen Er-

scheinungen stets die Veränderungen der Reizbarkeit der Nerven. Da ich in meinen Versuchen mit dem Nervengewebe isotonische Lösungen gebrauchte, so konnte ich mich nicht an das durch die oben genannten Autoren verwendete Kriterium halten, nämlich an den Moment des Auftretens und die Dauer der selbständigen Zuk-

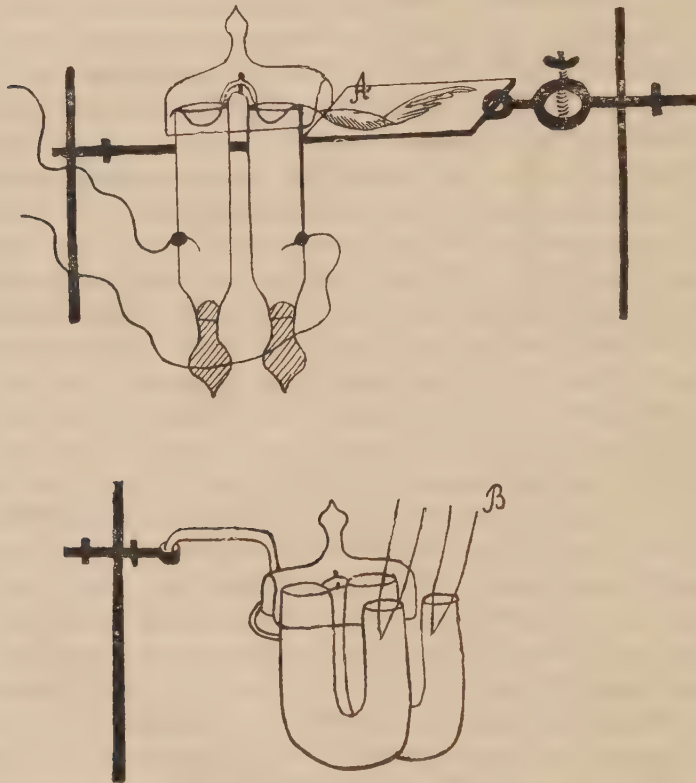


Fig. 1. A: Das Muskelpräparat mit dem eingetauchten Nerven. — B: Die nicht polarisierenden Elektroden.

kungen der Muskeln, da diese in hervorragendem Maße von der Hypertonie der untersuchten Lösungen abhängen.

Es sei mir gestattet, das Protokoll einer mit 0.6%-iger NaCl-Lösung ausgeführten Untersuchung anzuführen. (S. Tab. I)

Das in dieser Tabelle dargestellte Experiment beweist, daß die von mir angewandte Methode der Untersuchung den gestellten Anforderungen vollkommen entspricht.

Die Reizbarkeit des in physiologische Kochsalzlösung eingetauchten Nerven blieb im Laufe von ca. 24—48 Stunden beinahe unverändert; eine geringe Verminderung der Reizbarkeit trat erst nach 48 bis 72 Stunden ein und war höchst wahrscheinlich durch das Absterben des Nerven verursacht, der infolge der Ausschaltung aus der Blutbahn nicht mehr ernährt wurde. Gestützt auf diese Probeuntersuchung konnte ich unbesorgt den Einfluß anderer chemischen Verbindungen auf den Nerven nach der angegebenen

TABELLE I.

Frosch (*Rana temporaria*); rechter Nervus ischiadicus mit dem Unterschenkel.
Geprüfte Lösung: 0.6%-iges NaCl.

Datum	Zeit	Abstand der Rollen im Momente der Öffnungszuckung	Datum	Zeit	Abstand der Rollen im Momente der Öffnungszuckung
23. III.	3 ^h 59' nm.	51 cm	24. III.	8 ^h 30' vm.	70 cm
	4 ^h 00' "	Der Nerv wird eingetaucht		11 ^h 00' "	70
	4 ^h 15' "			4 ^h 00' nm.	70
	4 ^h 30' "	72 cm		6 ^h 00' "	70
	4 ^h 30' "	69	25. III.	10 ^h 00' "	70
	5 ^h 00' "	70		12 ^h 00' m.	56
	5 ^h 30' "	70		6 ^h 00' nm.	56
	6 ^h 30' "	69		7 ^h 30' "	58
	9 ^h 30' "	70	26. III.	11 ^h 00' vm.	46
	10 ^h 00' "	70			

Methode prüfen, da ich sicher war, daß bei derselben alle im Laufe der ersten 24—48 Stunden auftretenden Veränderungen der Reizbarkeit in der Tat nur von den chemischen Eigenschaften der angewendeten Lösungen abhängen und nicht eine Folge von störenden, durch eine fehlerhafte Methode bedingten Nebenwirkungen sind.

Ich habe die Wirkung folgender Verbindungen untersucht: NaCl, NaFl, NaBr, KBr, KJ, BaCl₂, CaCl₂, MgCl₂.

Die für die Untersuchung bestimmten Lösungen waren stets, wie bereits erwähnt, mit dem Nervengewebe des Frosches isotonisch. Ihre Isotonie wurde von mir auf Grund der isotonischen Koeffizienten nach de Vries berechnet. Dieses Verfahren genügte

vollkommen; Hamburger¹⁾ hat seinerzeit die durch die biologische Methode festgestellten und die auf Grund der isotonischen Koeffizienten nach de Vries berechneten Isotonie-Werte der von mir angewandten Salzlösungen verglichen und eine vollkommene Übereinstimmung der nach den beiden Methoden erhaltenen Zahlen festgestellt.

Ich führe hier einige von den zahlreichen von mir durchgeführten Untersuchungen an. (S. Tab. II—IX.)

In den angeführten Untersuchungen habe ich die Induktionsspule (des Schlittenapparates von du Bois-Reymond) zur Reizung des Nerven verwendet. Da aber die Induktionsspule eine genaue Bestimmung der in einem gewissen Momente angewandten Reizkraft nicht gestattet, wiederholte ich meine Untersuchungen unter Anwendung eines Kondensators, u. zw. des absoluten Exzitators von Cybulski und Zanietowski. Da dieser Apparat den Physiologen allgemein bekannt ist, sehe ich von einer Beschreibung desselben ab. Die Anwendung des Exzitators ermöglichte mir die Berechnung in Ergen der in jedem Falle angewandten Energie, und zwar nach der Formel: $\frac{1}{2} E^2 C \cdot 10^7$, wo E die Spannung in Volten und C die Kapazität des Kondensators bedeutet.

Diese Versuche wurden unter gleichen Bedingungen wie die vorhergehenden angestellt, der Unterschied bestand nur darin, daß ich anstatt der Platindrähte nicht polarisierende Elektroden anwendete. Die Resultate sind in Tabelle X (S. 192) zusammengestellt.

Die in Tabelle X angeführten, den Verlauf des Versuches wiedergebenden Werte stimmen mit den mit einer Induktionsspule erhaltenen überein. Alle diese Versuche beweisen, daß durch Eintauchen des Nerven in eine jede von mir geprüfte Salzlösung seine Reizbarkeit in hohem Grade gesteigert wird. Ein Temperaturunterschied kann dabei nicht als Reizmoment in Betracht kommen, da ich zu den Experimenten Nerven eines Kaltblüters, der die Temperatur der Umgebung annimmt, verwendete. Es bleibt also nur übrig, die Reizwirkung der Salzlösungen auf die Nerven als das auslösende Moment anzunehmen. Auf diese Frage werde ich aber noch bei der Besprechung der elektrischen Erscheinungen, von welchen die Schwankungen der Reizbarkeit im Verlaufe der chemischen Reizung begleitet werden, näher eingehen.

¹⁾ Hamburger, Osmotischer Druck und Ionenlehre, Wiesbaden 1902.

23. III. 1916.

TABELLE II.

Frosch (*Rana temporaria*); rechter Nervus ischiadicus mit dem Unterschenkel.Geprüfte Lösung: 1.83%-iges BaCl₂.

Datum	Zeit	Abstand der Rollen im Momente der Öffnungszuckung	Datum	Zeit	Abstand der Rollen im Momente der Öffnungszuckung
23. III.	3h 30' nm.	47 cm	23. III.	4h 15' nm.	56 cm
	3h 32' "	Der Nerv wird eingetaucht		4h 30' "	56
	3h 40' "	67 cm		5h 00' "	56
	3h 50' "	69		5h 30' "	56
	4h 00' "	63		6h 30' "	51
				9h 30' "	33

27. III. 1916.

TABELLE III.

Frosch (*Rana temporaria*); linker Nervus ischiadicus mit dem Unterschenkel.Geprüfte Lösung: 0.86%-iges CaCl₂.

27. III.	10h 00' vm.	49 cm	27. III.	11h 30' vm.	51 cm
	10h 02' "	Der Nerv wird eingetaucht		11h 45' "	50
	10h 05' "	60 cm		12h 00 m.	50
	10h 10' "	59		12h 15' nm.	50
	10h 20' "	58		3h 00' "	45
	10h 30' "	55		4h 30' "	45
	10h 45' "	54		5h 15' "	55
	11h 00' "	52		7h 30' "	39
	11h 15' "	52		10h 30' "	33

28. III. 1916.

TABELLE IV.

Frosch (*Rana temporaria*); linker Nervus ischiadicus mit dem Unterschenkel.

Geprüfte Lösung: 1.08%-iges NaBr.

28. III.	3h 18' nm.	45 cm	28. III.	4h 00' nm.	36 cm
	3h 20' "	Der Nerv wird eingetaucht		4h 15' "	34
	3h 25' "	72 cm		4h 30' "	32
	3h 30' "	71		5h 00' "	32
	3h 35' "	65		5h 30' "	31
	3h 40' "	50		6h 00' "	30
	3h 45' "	42		6h 30' "	30
	3h 50' "	36		8h 30' "	29
				10h 30' "	29

1. IV. 1916.

TABELLE V.

Frosch (*Rana temporaria*); rechter Nervus ischiadicus mit dem Unterschenkel.Geprüfte Lösung: 1'224⁰/₀-iges KBr.

Datum	Zeit	Abstand der Rollen im Momente der Öffnungszuckung	Datum	Zeit	Abstand der Rollen im Momente der Öffnungszuckung
1. IV.	9h 53' vm.	51 cm	1. IV.	10h 25' vm.	27 cm
	9h 55' "	Der Nerv wird eingetaucht		10h 30' "	27
	9h 57' "	63 cm		10h 55' "	25
	10h 00' "	65		2h 45' nm.	21
	10h 05' "	64		4h 00' "	21
	10h 10' "	58		5h 30' "	20
				7h 30' "	16

1. IV. 1916.

TABELLE VI.

Frosch (*Rana temporaria*); linker Nervus ischiadicus mit dem Unterschenkel.Geprüfte Lösung: 1'68⁰/₀-iges KJ.

1. IV.	4h 58' nm.	49 cm	1. IV.	5h 20' nm.	58 cm
	5h 00' "	Der Nerv wird eingetaucht		5h 30' "	49
	5h 01' "	71 cm		5h 49' "	43
	5h 07' "	71		5h 50' "	37
	5h 10' "	67		6h 30' "	27
	5h 15' "	61		7h 30' "	26
				10h 30' "	24

6. IV. 1916.

TABELLE VII.

Frosch (*Rana temporaria*); linker Nervus ischiadicus mit dem Unterschenkel.Geprüfte Lösung: 0'45⁰/₀-iges NaFl.

6. IV.	6h 20' nm.	50 cm	6. IV.	7h 10' nm.	69 cm.
	6h 21' "	Der Nerv wird eingetaucht		7h 20' "	70
	6h 23' "	65 cm		7h 30' "	72
	6h 25' "	66		7h 40' "	72
	6h 30' "	67		8h 00' "	74
	6h 35' "	68		8h 10' "	74
	6h 40' "	68		8h 30' "	76
	6h 45' "	70		8h 35' "	77
	6h 50' "	71		10h 30' "	86
	6h 55' "	70	7. IV.	8h 30' vm.	45
	7h 00' "	69		11h 10' "	28
				3h 00' nm.	20

21. IV. 1916.

TABELLE VIII.

Frosch (*Rana temporaria*); rechter Nervus ischiadicus mit dem Unterschenkel.
Geprüfte Lösung: 0.766%-iges KCl.

Datum	Zeit	Abstand der Rollen im Momente der Öffnungszuckung	Datum	Zeit	Abstand der Rollen im Momente der Öffnungszuckung
21. IV.	11h 16' vm.	51 cm	21. IV.	12h 00' M.	47 cm
	11h 17' "	Der Nerv wird eingetaucht		12h 10' nm.	43
	11h 25' "	63 cm		12h 25' "	37
	11h 30' "	63		3h 10' "	34
	11h 40' "	52		5h 40' "	25
	11h 50' "	50		8h 00' "	24

26. IV. 1916.

TABELLE IX.

Frosch (*Rana temporaria*); linker Nervus ischiadicus mit dem Unterschenkel.
Geprüfte Lösung: 1.522%-iges MgCl₂.

26. IV.	1h 41' nm.	51 cm	26. IV.	2h 45' nm.	47 cm
	1h 44' "	Der Nerv wird eingetaucht		3h 30' "	45
	1h 46' "	65 cm		4h 00' "	45
	1h 55' "	56 cm		4h 30' "	45
	2h 00' "	51		5h 15' "	43
	2h 10' "	56		5h 45' "	42
	2h 15' "	52		6h 45' "	41
	2h 25' "	50		10h 45' "	29

Während alle untersuchten Verbindungen miteinander darin übereinstimmen, daß unter ihrer Einwirkung die Reizbarkeit im Anfangsstadium der Reizung steigt, verlaufen die späteren Erscheinungen bei der Einwirkung der Salzlösungen auf die Nerven verschieden und hängen von der chemischen Natur der untersuchten Substanzen ab.

NaCl zeigt im Laufe von 48 Stunden fast keinen Einfluß auf die Reizbarkeit der Nerven, wie das aus Tabelle I ersichtlich ist. Eine ganz besondere Stellung nimmt das NaFl (Tabelle VII) ein, dessen Lösung in meinen Versuchen stets eine bedeutende und lange (4—5 Stunden) dauernde Steigerung der Nervenreizbarkeit bewirkte.

Im Gegensatz zu dieser Wirkung des NaFl verlieren die Nerven in Lösungen von NaBr, KBr und KJ ihre Reizbarkeit sehr schnell. Die Bromsalze wirken etwas schneller (Tabelle IV und V) als die Jodsalze (Tabelle VI). Zu der betäubenden Wirkung auf die Nerven tragen die Kationen nichts bei, wohl aber die Anionen; so wirkt NaBr ebenso wie KBr. Diese Resultate widersprechen der von Mathews ausgesprochenen Meinung, daß die Anionen auf die Nerven eine reizende, die Kationen eine hemmende Wirkung ausüben. In Lösungen von KCl dauert das Anfangsstadium der vermehrten Reizbarkeit 20'—30', worauf eine Verminderung der Reizbarkeit des Nerven folgt und schon nach 1 Stunde einen bedeutenden Grad erreicht (Tabelle VIII). Diese Wirkung hängt höchst wahrscheinlich von den Ionen des Kaliums ab, weil sie bei NaCl niemals auftritt. Durch diese ausgesprochen betäubende Wirkung nähert sich KCl der Gruppe der Br- und J-Salze, es entfaltet aber eine viel schwächere Wirkung als diese. Die Wirkung der Lösungen von Chlorsalzen der Erdalkalimetalle ($MgCl_2$, $BaCl_2$, $CaCl_2$) kann als schwach und langsam paralysierend bezeichnet werden: noch nach 2—3 Stunden erscheint darin die Reizbarkeit der Nerven verhältnismäßig nur in geringem Grade herabgesetzt. Von diesen Verbindungen wirkt $MgCl_2$ am stärksten, $CaCl_2$ am schwächsten paralysierend, und $BaCl_2$ nimmt in dieser Beziehung eine Mittelstellung ein.

Die Resultate meiner Untersuchungen können folgendermaßen zusammengefaßt werden: Das Eintauchen eines Nerven in eine mit ihm isotonische Salzlösung steigert anfangs die Reizbarkeit desselben. Im weiteren Verlaufe erweist sich 0.6%-ige NaCl-Lösung fast wirkungslos; NaFl ruft eine bedeutende und lange dauernde Steigerung der Reizbarkeit hervor; die übrigen von mir verwendeten Salze wirken auf das Nervengewebe paralysierend ein. Nach der Intensität und Schnelligkeit ihrer Wirkung bilden die letztgenannten Verbindungen nachstehende Reihenfolge:



Die Resultate meiner Versuche gestatten, wenigstens im Bereiche der von mir untersuchten Salze, keinerlei Schlüsse hinsichtlich des Zusammenhanges zwischen der Einwirkung auf die Nerven und der chemischen Wertigkeit oder dem Molekulargewichte, wie sie von einigen Autoren versucht wurden.

Bei einer genaueren Analyse meiner Versuche erscheint auch die Annahme unzulässig, daß die beobachteten Änderungen der Reizbarkeit nicht von direkter Wirkung der Lösungen auf die Nerven abhängen sollten, sondern durch eventuelles Eindringen in das Nervengewebe fremder, das Gewebe zerstörender Ionen verursacht würden. Eine ähnliche Vermutung hat Overton ausgesprochen, doch bezieht sich dieselbe nicht auf Nerven, sondern auf Muskeln, und zwar bei lange dauernden Versuchen. Gegen eine analoge Annahme in unserem Fall wäre folgendes hervorzuheben:

Die Jod- und Brom-Salzlösungen paralysierten in meinen Versuchen den Nerven schon binnen 20'—30', während die Chlorsalze der Erdalkalimetalle ihre hemmende Wirkung erst nach 2—3 Stunden entfalteten. Sollte die hinsichtlich ihrer Dauer so verschiedene Wirkung der beiden Salzarten von dem Eindringen der Ionen in das Nervengewebe abhängen, so wäre es unbegreiflich, warum ein in NaFl-Lösung eingetauchter, also der Wirkung absolut gewebe-fremder Ionen ausgesetzter Nerv noch nach 2—3 Stunden seine normale oder sogar eine gesteigerte Reizbarkeit besitzt, obgleich nach dieser Zeit die Wirkung der Ionen, falls dieselben in das Nervengewebe eindringen sollten, schon einen hohen Grad erreichen müßte.

Ich gehe jetzt zum zweiten Teile meiner Versuche über. Mehrmals habe ich im Laufe meiner Experimente bemerkt, daß das Umschalten des Kommutators, vermittels dessen die Elektroden der Gefäße mit den Elektroden der Induktionsrolle verbunden waren, eine Zuckung des untersuchten Unterschenkels hervorriefen. Diese Erscheinung trat sowohl bei geöffnetem Strom der primären Rolle ein als auch bei gänzlicher Ausschaltung der Induktionsrolle. Unter solchen Bedingungen war irgend ein Zufluß der Elektrizität von außen undenkbar und die Zuckung des Unterschenkels im Momente der Umschaltung des Kommutators kann nur als eine Folge der Nervenreizung erklärt werden, die durch Öffnen und Schließen des in den untersuchten Salzlösungen und dem in dieselben eingetauchten Nerven bestehenden Stromes ausgelöst wird.

Ich beschloß, diese interessante Erscheinung genauer mit Hilfe des Galvanometers zu untersuchen. Die erste Möglichkeit, die ich in Betracht zog, war, daß polarisierende Ströme in den Gefäßchen durch Berührung der Platinelektroden mit der Elektrolytenlösung

entstehen. Um diese Möglichkeit auszuschließen, verwendete ich in allen meinen weiteren Untersuchungen Gefäße mit nicht polarisierenden Elektroden; die übrigen Bedingungen des Experimentes blieben unverändert, wie in der ersten Serie der Versuche. Ich bediente mich dabei eines Spiegelgalvanometers von der Empfindlichkeit $18 \cdot 10^{-7}$ mA. Die nichtpolarisierenden Elektroden selbst gaben bei der Mehrzahl der Versuche keine Ablenkung des Galvanometers. Trat eine geringe Ablenkung ein, so wurde sie mit Hilfe der Kompensation beseitigt. Vor dem Eintauchen des Nerven in die Lösung und nach dem Herausnehmen desselben am Ende des Versuches verband ich die Gefäßchen mittels eines U-förmigen Röhrchens, welches mit gleicher Lösung wie die Gefäße gefüllt war, und beobachtete den Stand des Galvanometers; auf diese Weise konnte ich feststellen, ob in der Lösung selbst sich nicht etwa eine Quelle der elektromotorischen Kraft befindet. Der Nerv wurde auf diese Weise in die Lösung eingetaucht, daß sowohl sein zentripetales (von dem Muskel abgewendetes) als auch das zentrifugale (dem Muskel nähere) Ende mit seiner langen Fläche mit der Flüssigkeit in Berührung kam, wodurch eine Schließung des Stromes, welcher bei Verbindung des Querschnittes eines Nerven mit dem Längsschnitte desselben durch einen elektrischen Leiter entsteht, vermieden wurde.

In den (auf S. 196) angeführten Protokollen der Versuche bedeutet das Minuszeichen bei der Zahl, daß die dem Muskel nähere Elektrode positiv war.

Die umstehende Tabelle beweist das Vorhandensein einer elektromotorischen Kraft, deren Quelle nur im Nerven liegen kann und die ein Ausdruck der in dem Nerven unter der Wirkung äußerer Reizungen entstehender Lebensvorgänge ist. Ein abgetöteter und ausgetrockneter und darauf durch Einlegen in die feuchten und lebenden Muskeln des Froschschenkels aufgeweichter Nerv ist nicht imstande, eine elektromotorische Kraft zu entwickeln. Das Galvanometer zeigt in solchen Fällen nicht die geringste Ablenkung. Die elektromotorische, in dem chemisch gereizten Nerven entstehende Kraft kann zuweilen recht beträchtlich sein; so z. B. beträgt sie im Versuche vom 4. VI. (Tabelle XI) 0.0045 V. In allen von mir beobachteten Fällen hatte der Strom im *N. ischiadicus* eine absteigende Richtung, d. h. von den vom Muskel abgewendeten Teilen zu den dem Muskel näherliegenden; die Richtung des Stromes war also mit derjenigen des Aktionsstromes identisch. Dies wie auch die Veränderungen in der Stromin-

TABELLE XI.

Gefäßchen mit 0·6%iger NaCl-Lösung gefüllt, durch ein U-Röhrchen miteinander und durch nichtpolarisierende Elektroden mit dem Galvanometer verbunden.

Zeit		Ablenkung des Galvanometers
Versuch vom 5. VI. 1916.		
8h 10' vm.	Die Gefäßchen werden miteinander und mit dem Galvanometer verbunden	0 mm
8h 21' "	Der Nerv wird eingetaucht	
8h 22' "		0
8h 25' "		-6
8h 27' "		-8
8h 58' "		-3
10h 30' "		-3
Versuch vom 8. VI. 1916.		
Versuchsflüssigkeit: 1·224%-ige KBr-Lösung; sonst wie vor.		
9h 45' "	Die Gefäßchen werden miteinander und mit dem Galvanometer verbunden	0
9h 48' "	Der Nerv wird eingetaucht	
9h 50' "		-5
9h 54' "		-18
10h 03' "		-26
10h 36' "		-20
10h 51' "		-16
11h 30' "		-3
Versuch vom 4. VI. 1916.		
Versuchsflüssigkeit: 0·45%-ige NaFl-Lösung; sonst wie vor.		
4h 42' nm.	Die Gefäßchen werden miteinander und mit dem Galvanometer verbunden	0
4h 45' "	Der Nerv wird eingetaucht	
4h 50' "		-72 = 0·0045 V.
5h 15' "		-64
6h 00' "		-60
8h 15' "		-54
10h 18' "		-50

tensität, welche den Veränderungen der Nervenreizbarkeit in verschiedenen Lösungen parallel verlaufen, beweisen, daß in diesem Strome die Reizung des Nerven durch chemische Substanzen zum Ausdruck kommt. Dieser Strom kann unter den Bedingungen un-

seres Versuchs gewissermaßen als ein Ausdruck des physiologischen Zustandes des Nerven gelten. Dieser Index ist empfindlicher als die Veränderungen in der Reizbarkeit, welche durch Beobachtung der für die Zuckung des Unterschenkels erforderlichen Intensität des elektrischen Reizes festgestellt werden. In der Literatur fehlen diesbezügliche Beobachtungen fast gänzlich. In Bezug auf die Nerven bemerkt Waller¹⁾, daß CO_2 je nach der Konzentration eine Steigerung oder vollkommene Sistierung der durch tetanisierende Reize hervorgerufenen negativen Schwankung bewirkt. Eine ähnliche Erscheinung beobachtete Garten²⁾ bei der Wirkung des Veratrins. Endlich hat noch R. Höber³⁾ eine Reihe von Untersuchungen über die Stärke des Rubestromes der Muskeln bei Einwirkung verschiedener Salzlösungen durchgeführt. Die Angaben dieses Forschers stehen aber in keinem Zusammenhange mit meinem Thema, sie beziehen sich nämlich nicht auf Nerven, sondern auf Muskeln; auch konnte die von diesem Forscher angewandte Methode, wie bereits von Frey⁴⁾ bemerkt hat, eine Fehlerquelle bilden.

Die von mir beobachteten elektrischen Erscheinungen werden es vielleicht ermöglichen, in der Zukunft die ganze Methode der Untersuchung der chemischen Reizungen auf der Beobachtung der begleitenden Nervenströme aufzubauen. Eine derartige Beobachtungsmethode könnte uns einen direkten Einblick in die Erscheinungen und in den Verlauf der biologischen Vorgänge in dem Nervengewebe gewähren und würde zur Klärung so mancher uns derzeit rätselhaft erscheinender Fragen nach den biologischen Prozessen des Nervengewebes und ihres Stoffwechsels beitragen. Eine Erweiterung unserer Versuche auf weitere unorganische und organische Verbindungen, unter Berücksichtigung der von uns erhaltenen Resultate, könnte in dieser Beziehung von hoher Bedeutung sein. Das Ziel künftiger Arbeiten muß jedenfalls die Erkenntnis sein, worin das Wesen der chemischen Reizung der Nerven besteht und auf welchem Weg sie zustande kommt.

Die bisherigen Versuche verschiedener Autoren, die Sache zu

¹⁾ Ergebnisse der Physiologie, II. Jahrg., II. Abt., S. 213–216.

²⁾ Ergebnisse d. Phys., II. Jahrg., II. Abt., S. 213–216.

³⁾ Z. f. Phys., Bd. 18 und Pflüger's Archiv f. d. g. Phys., Bd. 106 u. 120.

⁴⁾ Nagel's Handbuch d. Physiol., Bd. IV, 1907, S. 527.

klären, können nicht als gelungen gelten. Es geht wohl nicht an, die chemische Reizung bloß als einen elektrischen, durch die Ladung der Ionen hervorgerufenen Reiz aufzufassen. Wir wissen nämlich, daß der Nerv nicht durch das Vorhandensein einer elektrischen Ladung, sondern nur durch rapide Schwankungen in der Spannung des denselben durchfließenden Stromes gereizt werden kann. In isotonischen Salzlösungen läßt sich aber keine Potentialdifferenz nachweisen, welche das Durchfließen eines Stromes durch die Nerven verursachen könnte. Der angedeuteten Auffassung widerspricht auch der Umstand, daß die miteinander isotonischen Lösungen verschiedener Salze die Reizbarkeit des Nerven in ungleichem Maße verändern, obgleich die elektrischen Ladungen ihrer Ionen wohl gleich sind. Lehnen wir aber die Ansicht ab, daß die chemische Reizung der Nerven auf elektrischem Wege zustande kommt, so müssen wir den Ionen selbst einen direkten Einfluß auf die Reizbarkeit der Nerven zuschreiben, und zwar in verschiedenem Grade, je nach der chemischen Natur der Ionen. Das Wesen dieser chemischen Reizung ist uns heutzutage noch nicht klar. Die Reizung der Gewebe durch elektrische Reize wird ganz gut durch die Theorie von Nernst erklärt. Nach diesem Forscher besteht das Reizmoment in dem Unterschied der Ionenkonzentration. Dieser Unterschied entsteht in dem Gewebe beim Durchleiten des elektrischen Stromes und infolge einer Anhäufung der Anionen und Kationen an den entsprechenden Polen wie auch durch die gleichzeitig bestehende, in verschiedenen Richtungen verschieden schnelle Diffusion der Ionen; die Reizung des Nerven muß durch die positiven Ionen herbeigeführt werden, weil der aktive Zustand immer in der Gegend der Kathode entsteht.

Der Charakter der die chemischen Reize begleitenden elektrischen Erscheinungen läßt die Annahme zu, daß auch hier im Nerven ein Unterschied in der Ionenkonzentration entsteht, welcher eine Potentialdifferenz bewirkt, und daß auch hier wie bei den elektrischen Reizen das wirkende Moment die positiven Ionen bilden.

Im Anschluß an die Theorie von Cybulski, nach welcher die Aktionsströme ihre Quelle in dem Unterschied der Ionenkonzentration haben, der beim Auftreten des aktiven Zustandes durch die katabolischen Prozesse hervorgerufen wird, führen unsere Beobachtungen zu dem Schlusse, daß wenigstens gewisse Salzlösungen

den Stoffwechsel im Nervengewebe in hohem Grade beeinflussen und auf diese Weise den aktiven Zustand samt dem ihn begleitenden elektrischen Strom hervorrufen können. Der Charakter und die Richtung des in unseren Versuchen in Nerven beobachteten Stromes führen ferner zu der Annahme, daß eine jede durch irgend einen äußeren (in unserem Falle einen chemischen) Eingriff hervorgerufene Gleichgewichtsstörung des Nervenstoffwechsels stets in einer bestimmten, für diesen Nerven konstanten Richtung verläuft und eine Anordnung der Ionen ergibt, welche zur Entstehung eines Stromes vom Charakter des Aktionsstromes führt.

Obige Erwägungen würden auch die interessante Erscheinung erklärlich machen, daß selbst die 0·6%-ige (für die Frösche physiologische) NaCl-Lösung nicht ganz des Reizungsvermögens dem Nerven gegenüber entbehrt. Diese Lösung ruft nämlich in dem *Nervus ischiadicus* des Frosches einen zwar schwachen, immerhin aber wahrnehmbaren Strom hervor. Diese Erklärung findet eine gewisse Stütze darin, daß die Isotonie, als physikalisch-chemischer Begriff, mit der chemischen Isotonie einer Lösung dem Gewebe gegenüber nicht identisch ist; NaCl ist nämlich in den Gewebssäften zwar in überwiegender Menge, jedoch nicht allein enthalten.

Die von mir in dem *Nervus ischiadicus* des Frosches beobachteten Ströme waren immer, wie bereits betont wurde, absteigend, d. h. sie strömten alle in der Richtung zum Muskel hinab. Der *Nervus ischiadicus* ist bekanntlich ein gemischter Nerv, jedoch mit überwiegenden zentrifugalen Fasern; mich interessierte also die Frage, wie sich ein Nerv mit zentripetalen Fasern verhalten wird. Um diese Frage zu lösen, führte ich unter gleichen Bedingungen wie die oben beschriebenen drei Versuche mit den hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven von Fröschen aus und konstatierte hierbei in einer 0·45%-igen NaFl-Lösung das Vorhandensein eines Stromes; die Ablenkung des Galvanometers betrug dabei bis 14 mm; der Strom lief von der Peripherie gegen die Nervenzentren zu. Die Richtung des Stromes war demnach in allen von mir beobachteten Fällen mit der Richtung identisch, in welcher sich der Aktionszustand im Nerven fortpflanzt. Einen Strom von entgegengesetzter Richtung habe ich niemals beobachtet.

Meine Versuche mit den zentripetalen Nerven sind derzeit noch zu lückenhaft, als daß sich daraus weitergehende Schlüsse ziehen ließen. Weitere Versuche, die ich mir vorbehalte, werden uns viel-

leicht ermöglichen, die in der Physiologie so wichtige und strittige Frage nach der Leitung des Aktionszustandes in den Nerven zu entscheiden. Es wäre nämlich interessant festzustellen, ob ein Nerv den Aktionszustand nur nach einer Richtung hin, d. h. je nach seinem Charakter nur zentripetal oder nur zentrifugal leiten kann, oder ob unabhängig von dem Charakter des Nerven der Aktionszustand von der Stelle seiner Entstehung in beiden Richtungen, d. h. gegen die Peripherie und gegen die Zentren hin sich fortpflanzen kann. Meine bisherigen Versuche sprechen für die erstere Annahme.

Die hier berührten Gedanken und Themen, deren gründliche Nachprüfung und Bearbeitung lange und mühevollen Versuche erfordern, hoffe ich in der nächsten Zukunft zum Gegenstande meiner weiteren Forschungen machen zu können.

Ich benütze die Gelegenheit, meinem Hochverehrten Chef, dem Herrn Prof. N. Cybulski für die wertvollen Ratschläge, die er mir im Laufe dieser Arbeit erteilt hat, meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Krakau, 1916. Physiologisches Institut der Universität.

Kilka uwag o organach rozrodczych rodzaju Chaetogaster v. Baer 1827. — Some remarks upon the reproductive organs in the genus Chaetogaster v. Baer 1827.

Note

de M. M. KOWALEWSKI,

présentée, dans la séance du 9 Octobre 1916, par M. M. Siedlecki m. c.

The author examines the reproductive organs in *Chaetogaster crystallinus* Vejd. 1884, *Ch. diaphanus* Gruit. 1828 and *Ch. diastrophus* Gruit. 1828; he concludes that the organs in question in the three

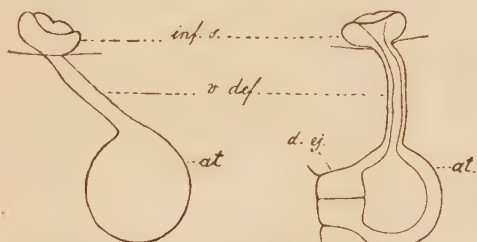


Fig. 1 (x 232)

Fig. 2 (x 232)

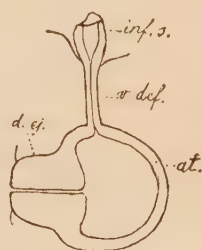


Fig. 4. (x 80).

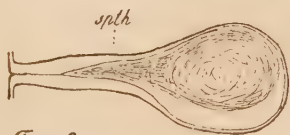


Fig. 3. (x 232)

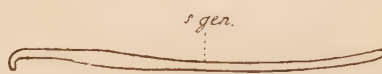


Fig. 5. (x 513).

species alluded to, and even perhaps in all species belonging to the same genus, are almost identical, structurally and topographically. The description of these organs, as given by Vejdovsky (System und Morphologie der Oligochaeten, Prag 1884) is substantially correct,

if we except however the place where the sperm-duct opens into the atrium. According to the author, the place in question lies nearer the internal end of the ejaculatory duct (Fig. 2, 4). Other details of minor importance, *e. g.* the shape of the sperm-funnel, the atrium, the spermatheca, the genital setae etc., will be obvious from the accompanying drawings. The number of genital setae in a bundle is 2—3 in *Ch. crystallinus* (length about 60 μ) and *Ch. diastrophus* (length about 65 μ) and 5—7 in *Ch. diaphanus* (length about 130 μ).

O roli kwasu szczawiowego w zielonych roślinach. I. Rozkład kwasu szczawiowego w szczawiu Rumex acetosa. -- Über die Rolle der Oxalsäure bei den grünen Pflanzen. I. Die Zersetzung der Oxalsäure bei Rumex acetosa.

Mémoire

de M. **CASIMIR BASSALIK**,

présenté, dans la séance du 9 Octobre 1916, par M. E. Godlewski père, m. t.

A. Einleitung.

In meiner Arbeit über die Verarbeitung der Oxalsäure durch *Bacillus extorquens* habe ich auch die Frage nach der Rolle dieser verbreitetsten Pflanzensäure bei den grünen Pflanzen angeschnitten und dabei die Behandlung dieser Frage in Aussicht gestellt. Vorliegende Arbeit möge als erste Abschlagszahlung auf jenes Versprechen gelten.

In der Literatur finden wir, bis in die neueste Zeit hinein, zahlreiche und eingehende Arbeiten über Bildung und Zersetzung der Äpfelsäure bei den Succulenten, insbesondere bei den Crassulaceen. Über die Oxalsäure dagegen, insbesondere bei Nichtsucculenten, sind recht wenige Angaben zu finden, die auf quantitativen Versuchen beruhen. Die fast endlose Reihe von Arbeiten beschäftigt sich sozusagen ausschließlich mit dem Schicksal des oxalsäuren Calciums, an dessen Vorhandensein verschiedene Hypothesen über die Entstehung und Bedeutung der Oxalsäure selbst geknüpft werden.

Über ihre Entstehung selbst sind drei Hypothesen aufgestellt worden, und zwar:

1) die Hypothese von Liebig (1841) und Mulder (1843), die in der Oxalsäure ein erstes Reduktionsprodukt der Kohlensäure bei deren Assimilation sahen. An diese Hypothese schließt

sich teilweise diejenige von Berthélot und André (1886) an. Auch diese Forscher fassen die Oxalsäure als unvollständiges Reduktionsprodukt der Kohlensäure auf, neben deren Entstehung aber gleichzeitig die Bildung von Eiweißstoffen einhergeht.

Diese Auffassung leitet zu der

2) zweiten Hypothese über, die besonders von Palladin (1887) und A. F. Schimper (1890) begründet wurde. Nach diesen Forschern soll die Oxalsäure ein Nebenprodukt sein, das bei der Eiweißsynthese gebildet wird.

Diese beiden älteren Hypothesen haben jedoch wenig Anklang gefunden. Dagegen erfreut sich die dritte, als die chemisch und experimentell immerhin bestbegründete, heute fast ausschließlicher Anerkennung.

3) Diese dritte Hypothese erblickt in der Oxalsäure—analog der Äpfelsäure bei den Crassulaceen — ein regulierbares Durchgangs- oder Endprodukt dissimilatorischer Vorgänge innerhalb des Pflanzenkörpers. Ihre Entstehung kann sie dem Abbau sowohl stickstofffreier als auch stickstoffhaltiger Substanzen verdanken (Holzner 1867, Hilgers 1867, Emmerling 1874, Mayer 1875, Pfeffer 1881, van der Ploeg 1879, De Bary 1886, Warburg 1886, Wehmer 1891, Purjewicz 1893 u. a.).

Als ein solches Produkt ist sie von Wehmer (1891) bei *Aspergillus* und *Penicillium* nachgewiesen worden. Für die grünen, nicht succulenten Pflanzen versuchten dies Amar (1903) und Benecke (1903), hatten jedoch hierbei viel weniger Glück als Wehmer.

Mehr als über die Entstehungsweise und die Bedeutung im Stoffwechsel wurde über den Nutzen der Oxalsäure diskutiert. Bei der folgenden Aufzählung muß ich mich darauf beschränken, nur die hauptsächlichsten Verfechter der wichtigsten Hypothesen zu nennen:

So soll die Oxalsäure:

1. von den Pflanzen zur Steigerung des Turgors produziert werden (de Vries 1881),
2. überschüssige Basen, hauptsächlich Calcium, binden (de Vries 1881, Schimper 1888, Wehmer 1893, Stahl 1900, Amar 1904); andererseits soll aber das Calcium die giftige Oxalsäure neutralisieren (Boehm 1875, Grööm 1896 u. a.),
3. als Calciumaufspeicherer fungieren (Kraus 1897),
4. an Calcium gebunden (als Raphiden) oder als saures Salz

der Pflanze Schutz vor tierischen Feinden, besonders Schnecken bieten (Stahl 1888, Giessler 1893),

5. von den Pilzen als Abwehrmittel gegen Konkurrenten verwendet werden (De Bary 1886, A. Hansen 1889, Wehmer 1891).

Wohl dem Umstande, daß man sich einseitig für das gut wahrnehmbare Calciumsalz der Oxalsäure interessierte, ist es zuzuschreiben, daß, abgesehen von gelegentlichen Angaben, sehr wenig quantitative Untersuchungen über die Gesamtoxalsäure in den grünen Pflanzen gemacht worden sind. Auch in den Fällen, wo um die Frage nach der Wiederauflösung des innerhalb der Pflanzen abgelagerten oxalsauren Calciums heiß gestritten wurde, beschränkten sich die meisten Forscher auf bloße mikroskopische Schätzung desselben.

Unter den quantitativen Arbeiten sind besonders diejenigen von Berthélot und André (1885 u. 1886) hervorzuheben, die mit zuverlässigen analytischen Methoden den Oxalsäuregehalt von *Rumex acetosa*, *Mesembryanthemum cristallinum*, *Amarantus caudatus* und *Chenopodium quinoa* bestimmten. Hauptsächlich wurde *Rumex acetosa* während einer ganzen Vegetationsperiode studiert, und zwar bezogen sich die Oxalsäurebestimmungen auf den Samen, auf die junge Pflanze (Anfang Juni), auf die im Höhepunkt der Vegetation befindliche Pflanze (Ende Juni) und schließlich auf die absterbende Pflanze (Ende September). Leider sind auch diese Angaben dürftig, weil, abgesehen von dem letztgenannten Fall, wo 14 Exemplare analysiert wurden, stets nur eine einzige Pflanze der Analyse unterworfen wurde. In ihren Arbeiten stellen die beiden Forscher fest, daß der Oxalsäuregehalt in der Blattspreite am stärksten ist, und sagen „dans toutes ces espèces et à toute époque, les oxalates sont surtout abondants dans la feuille, qui paraît être le siège de leur formation“. Aus diesen Untersuchungen ist ferner zu entnehmen, daß der Oxalsäuregehalt, und besonders derjenige an gelösten Oxalaten, in den Pflanzen auf der Höhe ihrer Vegetation am höchsten ist, während er gegen den Herbst zu abnimmt. Auch aus gelegentlichen quantitativen Arbeiten anderer Forscher geht hervor, daß die Blätter die oxalsäurereichsten Organe der Pflanzen sind. Kraus (1886) kommt auf Grund von Aziditätsbestimmungen, andere Autoren, so besonders Schimper (1888) und Borodin (1899), auf Grund bloßer Schätzungen des abgelagerten Calciumoxalates zu dem gleichen Resultat wie die französischen Forscher.

Über die täglichen Schwankungen des Oxalatgehaltes bei *Rumex* wissen wir so gut wie gar nichts. Allerdings führt Kraus (1886) und sein Schüler P. Lange (1886) auch *Rumex* unter denjenigen Pflanzen auf, bei denen während des Tages eine Abnahme der Azidität des Zellsaftes eintritt. Jedoch hat de Vries (1884, S. 353) eine periodische Säurebildung überhaupt nur bei Fettpflanzen gefunden. Er sagt wörtlich: „Zahlreiche, zum Teil durch großen Säuregehalt ausgezeichnete Gewächse habe ich auch nach hellen Tagen auf die Veränderung ihrer Azidität während der Nacht untersucht, aber ich fand in den abgeschnittenen Organen entweder keine sicher nachweisbare Veränderung des Säuregehaltes oder einen Verlust. *Begonia ricinifolia*, *Rheum officinale*, *Vitis vinifera* (unreife Beeren) und *Portulacca oleracea* mögen als Beispiele genannt werden“. Zur Aziditätsbestimmung von Pflanzensäften hat man wohl öfters wegen der scheinbaren Einfachkeit der Methode gegriffen. Wenn man sich jedoch vergegenwärtigt, welch ein kompliziertes Stoffgemisch in einem auch völlig klaren Pflanzensaft vorliegt (z. B. Eiweißkörper und ihre Spaltprodukte, die sämtlich amphotere Elektrolyte sind), wird man sich über die mangelhafte Übereinstimmung der Resultate verschiedener Forscher, besonders wo es sich um geringere Differenzen handelt, nicht wundern. Die Azidität selbst sagt ja übrigens auch noch gar nichts aus über den Gehalt an irgend einer Säure in gebundener Form.

Bei einer so mageren literarischen Ausbeute sah ich mich gezwungen, mich vorerst mit der Feststellung des Oxalsäuregehaltes von *Rumex acetosa* zu befassen. Ich richtete dabei mein Augenmerk von vornherein auf die Blätter, die ja als die säurereichsten Organe der Pflanze bekannt waren.

B. Methodisches.

Jedermann, der mit Pflanzensäften gearbeitet hat, kennt die Schwierigkeiten, welche die Herstellung völlig klarer Filtrate bereitet. Da es mir darauf ankam, vergleichbare und darum möglichst genaue Resultate über den Oxalsäuregehalt der *Rumex*-blätter zu erzielen, verzichtete ich — abgesehen von einigen Fällen — auf Aziditätsbestimmungen, verlegte mich vielmehr auf möglichst genaue Bestimmungen der Gesamtoxalsäure. Versucht man, in abgepreßtem Pflanzensaft die Oxalsäure durch Calciumsalze auszufällen, so reißt das ausfallende Calciumoxalat eine Menge Pflanz-

zenschleim, Gerbstoffe, gelöste Eiweißstoffe u. dergl. auch bei scheinbar völliger Klarheit des Filtrates mit. Filtrieren, Auflösen und Wiederfällen sind alles äußerst zeitraubende und die Genauigkeit der Analyse stark beeinträchtigende Operationen. Nach vielen Mißerfolgen ergab sich der folgende Gang der Operationen als der vorteilhafteste: Die Pflanzenteile werden möglichst rasch nach dem Abpflücken und Abwägen zerschnitten oder auch in einer Porzellanschale zerrieben, hierauf in eine heiße Salzsäurelösung gegeben (für 1 g Frischgewicht 0.5 cm³ Salzsäure von 1.126 spez. Gew. im fünffachen Volumen dest. Wassers) und hierauf sofort zum Aufkochen erhitzt. Hierauf wird durch eine Chamberlandkerze filtriert (alle anderen Filter erwiesen sich als unverwendbar). Dann werden die Pflanzenteile mit kleinen Mengen dest. Wassers unter Aufkochen erschöpft und jedesmal filtriert. Das völlig klare Gesamtfiltrat, das wegen des Vorhandenseins gelöster Gerbstoffe gewöhnlich eine gelbliche bis rötliche Farbe aufweist, wird mit Ammoniak im Überschuß versetzt, durch welches die Gerbstoffe ausgefällt werden. Hierauf wird abfiltriert, das Filtrat unter Erwärmung mit Essigsäure zur Ausfällung noch vorhandenen Eiweißes angesäuert und wiederum filtriert. Endlich wird das essigsäure Filtrat zur Abscheidung der Oxalsäure mit Calciumacetat versetzt und die Flüssigkeit unter Befolgung der für Calciumoxalat angegebenen Vorsichtsmaßregeln der analytischen Chemie filtriert, darauf in 2-n Schwefelsäure gelöst und mit Kaliumpermanganatlösung bei ca. 60°C. titriert.

Erst nach strikter Befolgung dieser Methode erhielt ich sichere Werte, wie aus folgenden Angaben hervorgeht:

Von einem großen Stock *Rumex acetosa* wurden an einem sonnigen Tage um 2^h 30' nachm. die jüngeren Blätter samt Stielen gepflückt, in 4 Portionen nach Blattgröße gleichmäßig verteilt und in der oben geschilderten Weise behandelt.

TABELLE I.

						Verhältniszahl
1.	Port.	mit	100 g	Blättern (frisch)	ergab	0.785% Oxalsäure = 100
2.	"	"	50	"	"	0.769% " = 97.9
3.	"	"	10	"	"	0.756% " = 96.3
4.	"	"	5	"	"	0.748% " = 95.3

Ferner setzte ich zu Blättern, denen die Oxalsäure durch die angegebene Behandlung entzogen worden war, abgewogene Mengen von Natriumoxalat hinzu und bestimmte durch Wiederholung des angegebenen Analysenganges die zugesetzte Oxalsäure. Dabei ergaben:

TABELLE II.

50 g erschöpfte Blätter mit 1.0g $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 = 98.7\%$ der zugesetzten Oxalsäure

50	"	"	"	0.5	"	=98.4%	"
25	"	"	"	0.5	"	=99.3%	"
25	"	"	"	0.25	"	=98.8%	"
10	"	"	"	0.25	"	=99.1%	"
10	"	"	"	0.10	"	=98.1%	"
10	"	"	"	0.10	"	=98.7%	"
10	"	"	"	0.05	"	=98.4%	"
5	"	"	"	0.05	"	=98.7%	"

Diese Versuche beweisen die Zuverlässigkeit der Methode.

C. Die Menge der Oxalsäure in den Blättern von *Rumex acetosa*.

Zu meinen ersten Analysen entnahm ich die Blätter nicht stets einem einzigen *Rumex*stocke, insbesondere dann nicht, wenn ich größere Mengen verarbeitete. Ich sortierte sie zwar schon damals für die einzelnen Portionen nach Größe und somit z. T. nach Alter, jedoch nicht nach Herkunft. Erst später merkte ich, daß der Oxalsäuregehalt verschiedener Stücke recht beträchtliche Schwankungen aufweisen kann, so daß ich in der Folge für eine und dieselbe Analyse nur Blätter eines einzigen *Rumex*stockes verwendete. Alle Angaben über den Oxalsäuregehalt in vorliegender Arbeit beziehen sich stets auf das Frischgewicht der analysierten Organe. Der Wassergehalt frischer Pflanzenteile war nämlich in allen untersuchten Fällen weit geringeren Schwankungen unterworfen als der Oxalatgehalt, so daß die Vernachlässigung der Umrechnung des Oxalatgehaltes auf das Trockengewicht der analysierten Pflanzenteile mir durchaus zulässig erscheint. Die Grenzen, innerhalb deren das Trockengewicht bei 105°C. schwankte, waren 9.0 bis 11.1%, gewöhnlich aber nur 10.6 bis 11.1% des Frischgewichtes. Im Mittel also ergibt sich der Oxalatgehalt, auf das Trockengewicht bezogen, durch eine Multiplikation mit 10 des auf das Frischgewicht

der Blätter berechneten. Meine Trockengewichtsermittlungen stimmen übrigens recht gut mit den Angaben von Berthélot und André überein. Alle meine Analysen geben stets den Gehalt der untersuchten Pflanzenteile an Gesamtoxalsäure an, ohne Unterscheidung zwischen löslichem und unlöslichem Oxalat, da jüngere Blätter von *Rumex acetosa* nur äußerst geringe Mengen an Calciumoxalat, und zwar meistens in Form von Drusen enthalten. Sobald man nur kleinere Mengen von Blättern verwendet, läßt sich der Gehalt an unlöslichem Oxalat überhaupt nicht bestimmen. Auffallend ist die Angabe Berthélot's, daß ca. $\frac{1}{7}$ des Oxalats unlöslich sein soll. Der Unterschied in den Resultaten mag erstens darauf beruhen, daß ich niemals vergilbende Blätter, überhaupt niemals Blätter, die irgend welche Alterserscheinungen aufwiesen, zu meinen Analysen verwendete. Ferner scheinen Berthélot und André die Pflanzen erst nach Bestimmung des Trockengewichtes analysiert zu haben. Bei dem Trocknen aber, das ja den Tod der Pflanzen bewirkt, können in den Zellen vorhandene Calciumsalze mit dem gelösten Oxalat Umsetzungen erfahren und so den Gehalt an Calciumoxalat bedeutend steigern. Meist verwendete ich zwei bis sechs Wochen alte Blätter.

Der Oxalatgehalt, auf wasserfreie Oxalsäure berechnet, schwankte im Frischgewicht der Blätter verschiedener *Rumex*-Pflanzen zwischen 0.074 bis 1.266%. Diese unerwartet großen Unterschiede im Oxalatgehalt der Blätter derselben Pflanzenspezies mögen sowohl durch Rassenunterschiede der einzelnen Pflanzen wie durch ungleiche Außenbedingungen verursacht sein. Da aber diese sehr interessante Frage in vorliegender Arbeit noch nicht ausführlich behandelt wird, will ich mich hier darauf beschränken, 1) auf den verschiedenen Gehalt an Oxalsäure in verschiedenen Exemplaren auch bei annähernd gleichen Außenbedingungen, und 2) auf die Abhängigkeit des Oxalsäuregehaltes von der Belichtung hinzuweisen.

1. Oxalsäuremenge bei gleichen Außenbedingungen.

Die in der folgenden Tabelle angeführten *Rumex*-Pflanzen wurden in Töpfen mit Erde gleicher Herkunft im Freien kultiviert. An einem sonnigen Tag im Juli wurden zwischen 2^h 30' und 3^h 20' nachm. von jedem Topf Portionen zu je 30 bis 40 g Blätter mit den Stielen gepflückt und in der beschriebenen Weise analysiert.

TABELLE III.

Die <i>Rumex</i> blätter von Topf	I	enthielten	0.907%	Oxalsäure
" " " "	II	"	1.266%	"
" " " "	III	"	0.892%	"
" " " "	IV	"	0.733%	"
" " " "	V	"	0.791%	"

Aus obiger Tabelle geht also der Unterschied im Oxalatgehalt verschiedener *Rumex*pflanzen bei gleichen Außenbedingungen deutlich hervor.

Geringer sind dagegen die Unterschiede im Oxalsäuregehalt bei Wahrung gleicher Außenbedingungen bei Pflanzen, die der gleichen Mutterpflanze entstammen. Drei gleichalte, aus Bulbillen einer Mutterpflanze gezogene Exemplare von *Oxalis Deppei* wurden während ihrer ganzen Aufzuchtperiode in jeder Beziehung gleichmäßig behandelt. Am Versuchstage waren die Pflanzen am gleichen Ort 8 Stunden lang direkter Sonnenbestrahlung ausgesetzt, worauf ihnen um 5 Uhr nachm. gleiche Gewichtsportionen Blattspreiten entnommen wurden.

TABELLE IV.

Die Spreiten der Pflanze	1	enthielten	1.44%	Oxalsäure
" " " "	2	"	1.50%	"
" " " "	3	"	1.29%	"

2. Abhängigkeit des Oxalsäuregehaltes der *Rumex*-blätter von der Belichtung.

Die in Tab. III niedergelegten Resultate zeigen, daß der Gehalt an Gesamtoxalsäure in den Blättern von *Rumex* in verschiedenen Exemplaren auch bei gleichen Außenbedingungen verschieden ist.

Interessanter aber als diese Erkenntnis ist die Tatsache, daß der Oxalsäuregehalt der *Rumex*blätter von der Belichtung abhängt. Den meisten Arbeiten über die Pflanzensäuren, insbesondere aber denjenigen von G. Kraus (1886) und dessen Schüler P. Lange (1886), die ganz allgemein eine Aziditätsabnahme des Zellsaftes infolge der Belichtung festgestellt haben, könnte man entnehmen, daß auch der Gehalt an Gesamtoxalsäure bei *Rumex* bei

Belichtung sinke, bei Verdunkelung dagegen steige. Gerade die Ergebnisse dieser Aziditätsarbeiten, wie ich sie kurz nennen möchte, haben ja das hauptsächlichste Argument gegen die Hypothese Liebig's und Mulder's geliefert. Berthélot (1901) sagte zwar in seiner letzten Abhandlung über die Rolle der Pflanzensäuren, S. 503: „Il paraît utile de rappeler, qu'il n'existe aucune relation entre la dose totale des acides végétaux contenus dans une plante à l'état libre ou combiné, et le titre acidimétrique des jus extraits de ses différents parties“ — doch — Zahlen bestechen, und Aziditätsbestimmungen lieferten Zahlen, die gegen die Liebig'sche Hypothese sprachen. Gegen die scheinbar unbestreitbare Eindeutigkeit dieser Zahlen konnten Beobachtungen, wie sie N. Monteverde (1888) und A. F. W. Schimper (1888 und 1890) machten, und die auf Schätzungen, und zwar des Calciumoxalates allein, beruhten, nicht aufkommen. Schimper (1888, S. 87) sagt z. B.: „Sonnenblätter enthalten weit mehr Kalkoxalat als Schattenblätter“, und ferner S. 85: „Es geht schon aus dem Gesagten hervor, daß die Bildung des Kalkoxalates in hohem Maße von der Beleuchtung abhängig ist. Versuche zeigten, daß die unter normalen Umständen stattfindende Zunahme des Salzes durch Verdunkelung ganz sistiert wird u. s. w.“

Indem ich vorläufig einen Teil der Resultate, die ich bei meinen Versuchen über die Bildung des Oxalations erhalten habe, veröffentliche, möchte ich jedoch von vornherein betonen, daß ich die Bildung dieser Säure noch nicht unter allen Bedingungen studiert habe, als daß ich sagen dürfte, daß die Oxalsäure bei grünen Pflanzen ihre Entstehung einzig und allein dem Reduktionsprozeß bei der Assimilation der Kohlensäure verdanke.

Die folgenden Resultate (Tab. V) sollen allein zeigen, daß der Gehalt an Oxalation in belichteten Blättern steigt.

Die erste Reihe der Versuche wurde folgendermaßen ausgeführt: Am Morgen oder in den Vormittagsstunden wurde von den Versuchspflanzen eine Anzahl verschiedenaltiger (2—6 Wochen alter) Blätter gepflückt; diese wurden von den Blattstielen befreit, gewogen und, wie früher beschrieben, analysiert. Nach dem Abpflücken dieser ersten Portion Blätter wurde die Topfpflanze mit dem Rest der Blätter an ein Fenster in direktes Sonnenlicht gestellt. Nach Ablauf der jeweiligen Expositionsdauer wurde wo-

möglich die gleiche Anzahl Blätter gepflückt und in gleicher Weise wie die erste Portion behandelt.

Die zweite Reihe von Versuchen wurde so ausgeführt, daß ein Teil des *Rumex*stockes mit den daran befindlichen Blättern in einen gegen Licht abgedichteten Zylinder oder Kasten kam, der außen mit weißem Stoff zur Verhütung zu starker Erwärmung durch die Sonnenstrahlen verhüllt wurde, während der Rest der Blätter dem vollen Sonnenlicht ausgesetzt wurde. Nach Ablauf der Belichtungszeit wurden dann beide Portionen auf die übliche Weise gepflückt und analysiert.

TABELLE V.

Vers. Nr.	Pfl. Nr.	Vor Blsprei- ten g	I. Portion		Belich- tungs- dauer. Stunden	Nach Blsprei- ten g	II. Portion		Zu- nahme in %
			der Belichtung $C_2H_2O_4$ g	% der Frisch- subst.			der Belichtung $C_2H_2O_4$ g	%	
I. Reihe.									
1	1	10.6	0.0360	0.34	4 $\frac{1}{4}$	12.3	0.073	0.59	75
2	"	9.3	0.0414	0.44	5 $\frac{1}{2}$	9.4	0.065	0.69	55
3	3	8.1	0.0108	0.13	4	7.5	0.014	0.19	44.4
4	"	6.0	0.0171	0.28	7	4.6	0.035	0.76	167.7
5	4	8.8	0.0189	0.21	4 $\frac{3}{4}$	6.1	0.035	0.57	167.4
6	"	8.3	0.0666	0.8	5 $\frac{1}{2}$	12.0	0.147	1.23	53.7
7	{ Stiele 5 Spreiten	4.7	0.0108	0.23	{ 5 $\frac{1}{4}$	5.9	0.017	0.29	26.6
		10.0	0.025	0.25		9.0	0.052	0.57	132.8
8	5	8.4	0.0225	0.27	3 $\frac{1}{2}$	10.8	0.051	0.47	77.2
9	6	6.5	0.0063	0.095	4	8.2	0.058	0.70	636.4
10	7	12.7	0.0551	0.43	4	16.7	0.114	0.68	56.8
11	"	8.0	0.0198	0.25	3 $\frac{1}{2}$	8.2	0.038	0.46	86.6
12	8	7.3	0.0288	0.39	3	7.0	0.037	0.53	33.7
13	"	9.35	0.0270	0.29	4	10.4	0.040	0.39	35.1
14	9	8.3	0.0468	0.56	4	12.4	0.096	0.78	37.8
15	10	8.0	0.0369	0.46	5 $\frac{1}{2}$	10.0	0.108	1.08	134.3
16	11	7.5	0.0108	0.14	4	8.1	0.0405	0.5	247.2
17	"	11.2	0.0648	0.58	6	9.5	0.0855	0.9	55.7
18	12	7.2	0.0306	0.42	3 $\frac{1}{4}$	8.2	0.057	0.7	65.3
19	"	6.1	0.0423	0.69	5	6.55	0.071	1.08	56.6
20	13	5.0	0.0234	0.47	5 $\frac{1}{2}$	8.05	0.063	0.75	60.0
21	14	6.8	0.0243	0.35	4	7.2	0.064	0.88	148.6

II. Reihe.

		Verdunkelt				Belichtet			
1	Stiele	11.0	0.0747	0.68	4 $\frac{1}{2}$	15.0	0.1071	0.71	5.1
	Spreiten	27.0	0.1944	0.72	4 $\frac{1}{2}$	15.0	0.1431	0.95	32.6
2	1	8.0	0.0486	0.6	7	15.0	0.1296	0.85	42.3
3	4	11.0	0.0900	0.82	5	13.0	0.1278	0.98	20.2
4	2	11.0	0.0729	0.66	2	13.0	0.0990	0.76	14.9
5	5	11.5	0.0486	0.42	7 $\frac{1}{2}$	16.0	0.1044	0.65	54.4
6	8	8.5	0.0676	0.71	5	11.0	0.1022	0.93	29.9

Alle diese Versuche zeigen eine deutliche Zunahme des Oxalations in den Rumexblättern infolge von Belichtung. Da ich aber die Bildungsbedingungen dieser Säure in einer späteren Publikation ausführlicher zu behandeln gedenke, möchte ich mich hier in eine ausführliche Diskussion obiger Resultate nicht einlassen, umso weniger als in obiger Tabelle nicht alle zu berücksichtigenden Faktoren, wie z. B. Temperatur, Lichtintensität während des Versuches und am Tage zuvor, Chlorophyllmenge der Blätter u. s. w. aufgeführt werden konnten.

Ich möchte nur noch darauf aufmerksam machen, daß auch die Blattstiele infolge von Belichtung eine Zunahme der Oxalsäure aufweisen, jedoch in bedeutend geringerem Maße als die Spreiten.

3. Unterschied im Oxalsäuregehalt der Blattspreiten und Stiele von Rumex, Begonia und Oxalis.

Zu allen meinen Versuchen verwendete ich in vorliegender Arbeit, wo ich nur von „Blättern“ spreche, ganze Blätter mit den Stielen; der Oxalsäuregehalt der Blattstiele ist geringer als derjenige der Spreiten, wie dies aus den in folgender Tabelle niedergelegten Analysen hervorgeht.

TABELLE VI.

Oxalatgehalt der Blattspreiten und Stiele von *Rumex acetosa*.

		Oxalsäuregehalt in % der Frischsubstanz		Oxalsäuregehalt der Stiele in % desjenigen der Spreiten.	
1.	Spreiten .	0.247%	=	100	
	Stiele .	0.299%	=	92.72	
2.	Spreiten .	0.529%	=	100	
	Stiele .	0.445%	=	84.12	

	Oxalsäuregehalt in % der Frischsubstanz		Oxalsäuregehalt der Stiele in % desjenigen der Spreiten.
3. Spreiten .	0·517%	=	100
Stiele . .	0·432%	=	83·56
4. Spreiten .	0·699%	=	100
Stiele . .	0·578%	=	82·47
5. Spreiten .	0·753%	=	100
Stiele . .	0·565%	=	75·10
6. Spreiten .	0·955%	=	100
Stiele . .	0·714%	=	74·76
7. Spreiten .	0·796%	=	100
Stiele . .	0·585%	=	73·49
8. Spreiten .	0·575%	=	100
Stiele . .	0·290%	=	50·44
			100
		Mittel	77·08

Obige Resultate stimmen gut mit den Angaben von Berthélot und André überein. Jedoch trifft dieses Verhältnis nur bei Pflanzen zu, die dem gewöhnlichen Tageslicht ausgesetzt waren. Nach Verdunkelung ist der relative Oxalsäuregehalt der Blattstiele größer als derjenige der Spreiten.

Aber nicht nur bei *Rumex*, sondern auch bei *Begonia* und *Oxalis* sind die Blattstiele ärmer an Oxalsäure als die Spreiten, wie das aus folgender Tabelle hervorgeht:

TABELLE VII.

Oxalsäuregehalt der Spreiten und Stiele

	Oxalsäuregehalt in % der Frischsubstanz		Oxalsäuregehalt der Stiele in % desjenigen der Spreiten.
von <i>Begonia heracleifolia</i>			
1. Spreiten .	1·222%	=	100
Stiele . .	0·972%	=	79·55
2. Spreiten .	0·933%	=	100
Stiele . .	0·658%	=	70·53
			100
		Mittel	75·04
von <i>Begonia hydrocotylifolia</i>			
8. Spreiten .	0·728%	=	100
Stiele . .	0·477%	=	65·52

Das gleiche trifft für *Oxalis* zu:

TABELLE VIII.

Oxalsäuregehalt der Spreiten und Stiele von <i>Oxalis Deppei</i>			
1. Spreiten .	1.02%	=	100
Stiele . .	0.641%	=	62.84
2. Spreiten .	1.358%	=	100
Stiele . .	0.911%	=	67.1
			100
	Mittel		64.97

Also auch bei *Begonia* und *Oxalis* finden wir fast das gleiche Verhältnis wieder wie bei *Rumex*. Auch bei diesen Pflanzen ist der Oxalsäuregehalt der Blattstiele nach Verdunkelung relativ größer als derjenige der Spreiten, wie ich dies in folgendem Abschnitt noch ausführlicher zeigen werde.

1. Die Zersetzung der Oxalsäure bei *Rumex acetosa*.

1. Abnahme der Oxalsäure in der intakten Pflanze infolge von Verdunkelung.

Aus Tabelle V ging deutlich hervor, daß belichtete *Rumex*blätter einen höheren Oxalsäuregehalt aufweisen als verdunkelte. Bei den folgenden Versuchen schlug ich den umgekehrten Weg ein, indem ich zuerst den Oxalsäuregehalt verschieden stark belichteter *Rumex*blätter bestimmte, hierauf die Pflanzen verdunkelte und nach Ablauf einer bestimmten Zeit die verdunkelt gewesenen Blätter der Analyse unterwarf.

Im Gegensatz zu den Succulenten zeigen die Blätter von *Rumex acetosa*, *Begonia* und *Oxalis* im Dunkeln stets eine deutliche Abnahme der Oxalsäure. Die folgenden Angaben mögen dies beweisen.

Zum Verständnis der folgenden Tabelle mag vorausgeschickt werden, daß sich jeder der Versuche nur auf je eine einzige Pflanze bezieht, die in Töpfen im Gewächshäuschen kultiviert wurden. Nach Abpflücken eines Teiles der Blätter zur Analyse wurden die Pflanzen entweder sofort mit einem Dunkelzylinder bedeckt und am Ort stehen gelassen oder in ein Dunkelhäuschen in die

Dunkelkammer gestellt. Die Menge der zu den Analysen verwendeten Blätter betrug meistens 20 bis 25 g, wobei ich besonders darauf achtete, daß für jede Analyse derselben Versuchspflanze möglichst die gleiche Anzahl gleich großer resp. gleichaltriger Blätter genommen wurde.

TABELLE IX.

Vers. Nr.	Beleuchtung	Zeit der Ernte	Temp. °C.	Oxalsäuregehalt in % d. Frischsubstanz	Dauer der Verdunkelung in Stunden	Temp. °C.	Oxalsäuregehalt in % d. Frischsubstanz	Abnahme der Oxalsäure infolge von Verdunkelung
1.	sonnig	3 ^h 35' p.m.	20	0·72%	24	18	0·58%	19·26%
2.	völlig bedeckt	6 ^h 00' p.m.	19	0·36%	14	18	0·25%	29·01%
3.	sonnig	4 ^h 00' p.m.	20	0·83%	16½	20	0·58%	30·52%
4.	sonnig	3 ^h 25' p.m.	20	0·97%	24	20	0·63%	34·78%
					48	19	0·50%	
					72	18	0·49%	
					96	18	0·47%	51·10%
5.	stark bewölkt	3 ^h 50' p.m.	19	0·62%	17	19	0·33%	47·01%
6.	sonnig	3 ^h 50' p.m.	17	0·90%	17	18	0·15%	83·14%
7a ¹⁾	sonnig, jedoch zeitweise bedeckt	4 ^h 15' p.m.	21	0·75%	24	21	0·07%	90·18%
7b ²⁾	„			0·56%			0·44%	21·88%
8.	sonnig, jedoch zeitweise bedeckt	3 ^h 40' p.m.	22	0·65%	25	34	0·0%	100%

Aus allen in obiger Tabelle enthaltenen Versuchen geht hervor, daß die Menge der Gesamtoxalsäure in den Blättern von *Rumex* infolge von Verdunkelung abnimmt. Die Abnahme der Oxalsäure ist geringer, wenn die verdunkelte Pflanze sich in gleicher oder niedriger Temperatur befindet wie die belichtete Pflanze, dagegen bedeutend größer bei Temperaturerhöhung, wie dies z. B. im Versuch 8 der Tabelle IX der Fall war. Dort war schon nach 25-stündigem Verweilen der Pflanze im ver-

¹⁾ Nur Spreiten.²⁾ Nur die zugehörigen Stiele.

dunkelten Thermostat von 34°C. keine Oxalsäure mehr nachzuweisen. Auch bei länger andauernder Verdunkelung in gleicher oder sogar schwach sinkender Temperatur nimmt die Menge der Oxalsäure zwar langsam, aber doch stetig ab (Versuch 4, Tabelle IX). Interessant ist die bedeutend schwächere Abnahme der Oxalsäure in den Stielen. Auch in ihnen findet eine solche statt, sie ist aber viel schwächer als in den zugehörigen Spreiten, wie dies aus Versuch 7 hervorgeht, wo Stiele und Spreiten gesondert analysiert wurden.

Die Abhängigkeit des Oxalsäuregehaltes der *Rumex*blätter von der Belichtung geht aus Tab. V wie Tab. IX deutlich hervor. In der nachstehenden Tab. X stelle ich die Resultate einer Versuchsreihe zusammen, in der ich die Gesamtoxalsäuremenge bei den gleichen Exemplaren 1) nach Verdunkelung, 2) nach Belichtung und 3) nach wiedererfolgter Verdunkelung innerhalb 24 Stunden verfolgte. Die Versuche wurden am gleichen Tage unter gleichen Außenbedingungen, was insbesondere Temperatur und Belichtung anbetrifft, ausgeführt. Ich verwendete hiezu 4 gut entwickelte, ungefähr gleich alte und gleich große *Rumex*pflanzen, die in Töpfen mit gleicher Erde in demselben Gewächshäuschen gleich lange kultiviert waren. Am Versuchstage herrschte ununterbrochen sonniges Wetter. Um 8 Uhr vorm. holte ich die Pflanzen nacheinander aus der Dunkelkammer (Temp. ca. 15°C.) hervor, wo sie seit dem vorhergehenden Abend verweilt haben. Ich entnahm jeder Pflanze ca. 10 g Blattspreiten zur Analyse, und zwar schnitt ich die Blätter sektorenweise ab, damit alle drei Portionen aus möglichst gleichartigen (was Alter und Größe anbetrifft) Blättern bestünden. Sofort nach dem Abpflücken der Blätter stellte ich jeden Topf an ein Ost- und später Südfenster in die Sonne, wo jeder der Töpfe genau 8 Stunden verblieb. Die Temperatur betrug hier 20–24°C. Nach Ablauf der achtstündigen Belichtungszeit entnahm ich den Pflanzen der Reihe nach wiederum je ca. 10 g Blattspreiten und brachte sie für die Nacht in die Dunkelkammer, wo die Temperatur 18–20°C. betrug. Am darauffolgenden Morgen, genau nach 24 Stunden vom Abpflücken der ersten Blattportion an, entnahm ich den Pflanzen gleichfalls je ca. 10 g Blattspreiten. Tab. X gibt Auskunft über die Resultate dieser unter gleichen Bedingungen ausgeführten Versuche.

TABELLE X.

Nr. der Pflanze	Oxalsäuregehalt der Blattspreiten in % der Frischsubstanz			Zunahme nach Belich- tung in %	Abnahme nach Verdun- kelung in %
	1	2	3		
	Nach Verdun- kelung 8 ^h a. m.	Nach Belich- tung 4 ^h p. m.	Nach Verdun- kelung 8 ^h a. m.		
IX.	0.31	0.86	0.25	172.7	70.7
XV.	0.61	1.08	0.63	76.4	41.8
XVI.	0.57	1.09	0.58	91.0	46.3
XVII.	0.62	1.02	0.64	63.8	36.8

Die obige Tabelle beweist schlagend die Zunahme der Gesamtoxalsäure in den Blattspreiten von Rumex nach Belichtung und die darauffolgende Abnahme nach Verdunkelung. Allerdings sind die individuellen Unterschiede zwischen den einzelnen Exemplaren, was die Schwankungen des Oxalsäuregehaltes anbetrifft, recht groß, doch nach den Resultaten der Tab. III nicht mehr überraschend. Mit Absicht habe ich für die Analysen nur die Blattspreiten genommen, da der Oxalsäuregehalt der Blattstiele viel stabiler ist.

TABELLE XI.

Vers. Nr.	Beleuchtung	Zeit der Ernte	Temp. °C.	Oxalsäuregehalt in % d. Frischsubstanz	Dauer der Verdunkelung	Temp. °C.	%-Oxalsäuregehalt nach Verdunkelung	Abnahme der Oxalsäure nach Verdunkelung in % der ursprünglich vorhand.
1.	trüb	3 ^h 40' p.m.	21	0.68%	17½	19	0.56%	17.40%
	die ältesten Blätter	nach			216 Std.	18		67.0%
2.	trüb	3 ^h 30' p.m.	21	0.69%	17½	19	0.51%	26.9%
3a.	Spreiten,							
	hell	4 ^h 15' p.m.	19	1.22%	23	20	0.78%	36.3%
	b. Stiele, hell	"	19	0.97%	23	20	0.78%	19.2%
4a.	Spreiten,							
	hell	3 ^h 30' p.m.	19	0.93%	23	20	0.58%	38.3%
	b. Stiele, hell	"	19	0.66%	23	20	0.51%	22.5%
5a.	Spreiten, trüb	2 ^h 45' p.m.	20	0.73%	17	20	0.36%	50.7%
	b. Stiele	" "	20	0.48%	17	20	0.50%	+3.0%

Eine Abnahme an Gesamtoxalsäure habe ich nicht nur bei *Rumex acetosa*, sondern auch bei einigen anderen Pflanzen festgestellt. Die vorstehende Tabelle gibt die Resultate wieder, welche ich bei *Begonia heracleifolia* und *B. hydrocotylifolia* (Vers. Nr. 5) erhalten habe.

Also auch bei *Begonia* finden wir eine ähnliche Abnahme der Oxalsäure infolge von Verdunkelung wie bei *Rumex*. Auch hier nimmt die Oxalsäure in den Blattspreiten stärker ab als in den Stielen. Setzen wir z. B. im Versuch 5 der obigen Tabelle die Menge der Oxalsäure in den belichteten Spreiten = 100, so beträgt sie in den zugehörigen Stielen = 65·5, während sie im gleichen Versuche bei der verdunkelten Pflanze im Verhältnis von 100 (Spreiten): 138·2 (Stiele) enthalten ist. Auch im Versuch 3 hatten wir bei der belichteten Pflanze das Verhältnis 100:79·5, in der verdunkelten dagegen 100:100·9 und im Versuch 4 100:70·5 (belichtet) und 100:88·5 (verdunkelt). Die im vorigen Abschnitt festgestellte Tatsache, daß bei den untersuchten Pflanzen der Oxalsäuregehalt der Blattstiele geringer ist als derjenige der

TABELLE XII.

Vers. Nr.	Beleuchtung	Zeit der Ernte	Temp. °C.	Oxalsäuregehalt in % d. Frischsubstanz	Dauer der Verdunkelung	Temp. °C.	Nach Verdunkelung Oxalsäuregehalt	
							in % der Frischsubstanz	in % der ursprünglich vorhandenen.
1.	sonnig	4 ^h 50' p.m.	19	1·66%	24	19	1·35%	18 9%
2.	etwas ver-							
	schleiert	5 ^h 10' p.m.	19	1·25%	24	21	0·95%	24·2%
3a.	Spreiten, trüb	3 ^h 35' p.m.	18	1·02%	20	19	0·66%	35·3%
	b. Stiele	„ 3 ^h 35' p.m.	18	0·64%	20	19	0·57%	11·2%
4a.	Spreiten,							
	sonnig	4 ^h 00' p.m.	18	1·36%	17	16	0·94%	31·1%
	b. Stiele, sonnig	4 ^h 00' p.m.	18	0·91%	17	16	0·76%	15·9%
5.	Spreiten,							
	sonnig	5 ^h 00' p.m.	22	1·44%	15	20	0·98%	32·1%
6.	Spreiten,							
	sonnig	5 ^h 20' p.m.	22	1·50%	15	20	0·93%	38·6%
7.	Spreiten,							
	sonnig	5 ^h 45' p.m.	22	1·29%	15	20	0·96%	25·3%

zugehörigen Spreiten, gilt demnach nicht für die verdunkelten Pflanzen.

Ferner konnte ich eine Abnahme der Oxalsäure infolge von Verdunkelung bei *Oxalis carnosa* und *Deppei* (Vers. Nr. 3—7) feststellen (Tab. XII).

Also auch bei den untersuchten *Oxalis*arten tritt eine deutliche Abnahme der Gesamtoxalsäure nach Verdunkelung ein. Wie bei *Rumex* und *Begonia* ist auch bei *Oxalis* die Oxalsäureabnahme in den Stielen geringer als in den zugehörigen Blattspreiten. Das Verhältnis der Oxalsäuremenge in Spreite und Stiel ist bei *Oxalis* nach Belichtung im Vers. 3 100 (Spreite): 62·8 (Stiel), nach Verdunkelung 100:86·2, im Versuch 4 in der belichteten Pflanze 100:67, in der verdunkelten 100:81·9. Die allgemeine Aziditätsabnahme, die G. Kraus (1886) bei 30 und Warburg (1886) bei einer Reihe nichtsucculenter Pflanzen am Lichte fand, resp. die Säurezunahme im Dunkeln, trifft für die von mir untersuchten Pflanzen sicher nicht zu. Da aber Gehalt an Oxalsäure und Azidität nicht dasselbe ist, bestimmte ich, trotz ernster Bedenken gegen diese Methode, in mehreren Fällen bei *Rumex acetosa* und *Oxalis Deppei* (Vers. 5) auch die Azidität der Blätter. Zu diesem Zwecke zerrieb ich die Blätter möglichst fein im Porzellanmörser und filtrierte durch eine Chamberlandkerze völlig klar. Hierauf erschöpfte ich

TABELLE XIII.

Aziditätsabnahme der Blätter von *Rumex acetosa* und *Oxalis Deppei* (Vers. 5) infolge Verdunkelung.

Vers. Nr.	Beleuchtung	Zeit der Ernte	Menge der Blätter. g	Temp. °C.	0·1 n KOH cm ³	Dauer der Verdunkelung Stunden	Temp. °C.	0·1 n KOH cm ³	Abnahme in %
1. z.	T. bedeckt	3 ^h 40' p.m.	12·0	20	40·6	20	20	31·1	23·4%
2.	ziemlich sonnig	4 ^h 45' p.m.	15·0	21	48·5	24	21	35·4	27·0%
3.	zieml. trüb	3 ^h 15' p.m.	10·0	17	36·8	18	19	26·3	28·5%
4.	hell	6 ^h 10' p.m.	8·6	19	38·2	21	22	24·3	36·4%
5a.	Spreiten, sonnig	4 ^h 00' p.m.	5·0	25	21·2	16	20	14·3	32·5%
b.	Stiele, sonnig	4 ^h 00' p.m.	8·0	25	22·7	16	20	18·9	16·7%

die zerriebenen Blätter mit heißem dest. Wasser vollkommen und vereinigte die beiden Filtrate, die vom gelösten Gerbstoff ziemlich stark gelb gefärbt waren. Darauf titrierte ich mit 0.1 *n* Kaliumhydroxyd und alkohol. Phenolphthalein als Indikator. Die Tabelle XIII gibt die Resultate wieder.

Aus obiger Tabelle ergibt sich durchweg eine deutliche Abnahme der Azidität in den verdunkelten Pflanzen. Allerdings ist beim Titrieren der ausgepreßten Säfte, insbesondere bei *Rumex* wegen seines Gerbstoffgehaltes, der Zeitpunkt der eintretenden Rötung wegen der schwächeren oder stärkeren Gelbfärbung der Filtrate nicht leicht zu erfassen, da der Farbumschlag nicht plötzlich, sondern allmählich über Orange ins Rot eintritt. Auch die Zuhilfenahme von Lackmus- oder Kurkumapapier bietet keine Sicherheit inbezug auf die erwünschte Genauigkeit der Resultate.

Außer diesem Versuch habe ich noch einen anderen ausgeführt, wobei ich auf die gleiche Weise die Azidität der *Rumex*-blattspreiten vor und nach Belichtung festzustellen versuchte. Den beiden Versuchspflanzen entnahm ich um 9 Uhr vorm. bzw. 9^h 45' vorm. je 6 g Spreiten, stellte darauf die Töpfe an ein Süd Fenster, wo sie 8 bzw. 7 Stunden lang der Belichtung ausgesetzt waren. Die starke Insolation dauerte allerdings nur 1½ Stunden, da in der übrigen Zeit der Himmel mit leichtem, hellem Gewölk bedeckt war. Hierauf wurden den Pflanzen die gleichen Gewichtsportionen an Blattspreiten entnommen und die Azidität derselben wie vorher bestimmt. Die Resultate stelle ich in Tab. XIV zusammen.

TABELLE XIV.

Nr. der Pflanze	Vor der Belichtung		Nach der Belichtung		Zunahme d. Azidität
	Temp. °C.	cm ³ 1/10 <i>n</i> KOH	Temp. °C.	cm ³ 1/10 <i>n</i> KOH	
12	18	11.9	21	14.7	23.5%
18	18	12.1	21	14.6	20.7%

Die Resultate obiger Tabelle ergeben also eine Zunahme der Azidität in den *Rumex*blattspreiten nach Belichtung. Ich möchte jedoch diesen Resultaten keine allgemeine Bedeutung zusprechen, da die theoretischen Einwände gegen die Möglichkeit genauer Aziditätsbestimmungen in Pflanzensäften recht schwerwiegend sind. Auch weisen Aziditätsbestimmungen früherer Autoren große Widersprüche auf. Während Kraus (1886) und Lange (1886) auch

bei Nichtsucculenten am Tage durchweg eine Aziditätsabnahme konstatieren, findet Warburg (1886, Tab. III, S. 128) öfters eine Aziditätszunahme. Ferner finden Kraus und Lange entsprechend der Entsäuerung der Pflanzen am Tage überall eine Säureproduktion während der Nacht, während schon Mayer (1875, bei *Oxalis acetosella*) und de Vries (1885, S. 78, 96 u. w. bei *Oxalis Deppei*, *Begonia*, *Rheum*, *Vitis* und *Portulacca*) z. T. bei denselben Pflanzenspezies, die Kraus und Lange untersucht hatten, eine Entsäuerung der Pflanzen nach Verdunkelung konstatierten. Auch Warburg (1886, S. 140) und Purjewicz (1893) gelangen teilweise zu ähnlichen Resultaten wie de Vries. Zu ganz besonderer Skepsis wird man aber durch Aziditätsbestimmungen veranlaßt, und zwar besonders dann, wenn daraus Folgerungen über Produktion und Zersetzung von Säuren gezogen werden, sobald man z. B. sieht, daß Kraus (1892) bei *Sambucus* eine doppelt so große Azidität findet als bei *Rumex*.

Wenn man demnach gezwungen ist, Aziditätsbestimmungen gegenüber eine große Vorsicht walten zu lassen, so möchte ich doch eine eventl. Aziditätsabnahme dünnblättriger Pflanzen während eines hellen Sommertages nicht in Abrede stellen. Schon de Vries (1884 und 1885), der die Säurefrage von dieser Seite zuerst und am klarsten erfaßt hat, schließt aus seinen Aziditätsbestimmungen, daß auch bei „gewöhnlicher“ Temperatur in allen Pflanzen eine Zersetzung von Säuren unaufhörlich stattfindet, wenn auch äußerst langsam. Durch die ganz bedeutende Temperatursteigerung, welche Pflanzenblätter bei Belichtung erfahren, wird der Säurezerfall entsprechend beschleunigt. Sobald aber die Geschwindigkeit der Säurezersetzung diejenige der Säureproduktion übertrifft, muß daraus eine Säureabnahme resultieren. Die widersprechenden Ansichten über diese Frage sind demnach nicht allein veranlaßt durch die Anwendung einer unzuverlässigen Methode (Aziditätsbestimmung und dazu oft noch das Operieren mit „Blatthälften“), sondern auch durch Beobachtungen, die bei ungleicher Temperatur ausgeführt wurden.

Ich wollte die Schwankungen des Oxalsäuregehaltes in intakten Pflanzen auch unter anderen Außenbedingungen studieren, z. B. in einer sauerstofffreien Atmosphäre. Da aber eine völlig dichte Absperrung von *Rumextopf*pflanzen von der in der Topferde befindlichen Luft äußerst schwierig wäre und ich somit schwer kontrol-

liehbare Fehler in der Versuchsanordnung hätte mit in den Kauf nehmen müssen, verzichtete ich einstweilen auf diese Versuche.

2. Das Wesen der Oxalsäurezersetzung.

a) Abnahme der Oxalsäure in zerriebenen Blättern.

Durch die im vorbergehenden Abschnitt niedergelegten Resultate ist festgestellt worden, daß in der lebenden Pflanze im Dunkeln eine Abnahme der Oxalsäure stattfindet. Es erhebt sich nun die Frage, ob diese Abnahme nur in der lebenden Pflanze stattfindet, oder ob sie vielmehr auch unabhängig von den normalen Lebensprozessen erfolgen kann, d. h. auch in der abgetöteten Pflanze infolge der Wirkung von Enzymen oder anorganischen Katalysatoren. Das Licht, welches bei der Säurezersetzung der Succulenten bekanntlich ausschlaggebend ist, kam ja schon bei den Versuchen mit verdunkelten lebenden Pflanzen (*Rumex*, *Begonia*, *Oxalis*) nicht in Betracht.

Da durch das feine Zerreiben von Pflanzen die komplizierte Regulation ihrer normalen Lebensprozesse aufgehoben wird und bei günstigen Bedingungen allein die in den Pflanzen enthaltenen Enzyme zur Wirkung kommen, ging ich zwecks Lösung der Frage nach dem Wesen der Oxalsäurezersetzung folgendermaßen vor:

Die Blätter von *Rumex* wurden unter Zusatz von Toluol in einer Porzellanreibschale fein zerrieben. Die Masse kam hierauf in einen 1 l fassenden Kolben mit eingeschliffenem Glashelm, der 550 cm³ einer ca. 0·5- bis 1·0%-igen sterilisierten Oxalat- oder Oxalsäurelösung enthielt. Dem ganzen wurden dann 2 Volumprozent Toluol zugesetzt, kräftig durchgeschüttelt, ein aliquoter Teil der Flüssigkeit, aber nicht weniger als 10%, sofort zur Bestimmung der Oxalsäure entnommen und der Rest in einen Thermostat (irdener Topf mit Wasser, das den eingeklemmten Kolben bis ca. 4 cm vom Helmaufsatz bedeckte) gestellt und kohlendioxydfreie Luft im Tempo von ca. 4 l in der Stunde durchgeleitet. Der den Kolben verlassende Luftstrom passierte eine mit titrierter Baryumhydroxydlösung gefüllte Pettenkofer'sche Röhre zwecks Bestimmung des abgeschiedenen Kohlendioxyds. Nach Abbruch des Versuches schüttelte ich den Inhalt des Kolbens kräftig durch und entnahm davon stets vier Proben von je 50 cm³ zwecks Bestimmung der Oxalsäure. Folgende Tabelle gibt die Resultate dieser Versuche wieder:

TABELLE XV.

Vers. Nr.	Art d. Lösung	Reaktion	Menge d. Lösung cm ³	Menge d. zerrieb. Blatt. g	Vers.-Dauer in Stunden	Temp. °C.	Wasserfreie Oxalsäure			
							vor d. Vers. g	nach d. Vers. g	Abnahme d. Oxalsäure	
									in g	in %
1.	Na ₂ C ₂ O ₄	sauer	550	25	23	33	2·0317	1·6849	0·3468	17·07%
2.	"	alkal.	550	21	23	33	2·0317	1·9255	0·1062	5·22%
3.	"	"	500	20	25	32	1·7441	1·6923	0·0518	2·97%
4.	"	"	500	20	25	32	1·7778	1·7047	0·0731	4·11%
5.	"	sauer	500	20	23	32	2·3062	1·9128	0·3934	12·72%
6.	"	"	500	20	23	32	1·8004	1·5890	0·2114	11·73%
7.	(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄	"	500	40	28	34	2·7005	2·3007	0·3998	14·80%
8.	"	"	500	40	28	34	4·2814	3·3981	0·8833	20·62%

Es ergibt sich aus der obigen Tabelle, daß zerriebene *Rumex*-blätter eine beträchtliche Zersetzung von Oxalatlösungen bewirken, daß also dieser Prozeß nicht an die normalen Lebensvorgänge in der Pflanze gebunden ist. Aus der Tabelle ist gleichfalls ersichtlich, unter welchen Bedingungen der Prozeß erfolgt. So zeigen die Versuche 2—4 der Tabelle, die sich von den Versuchen 1 und 5—6 nur dadurch unterscheiden, daß die durch den Zusatz der zerriebenen Blätter sauer reagierende Flüssigkeit mit Natriumkarbonat schwach alkalisch gemacht wurde, daß die Zersetzung des Oxalats im alkalischen Medium nur sehr gering ist. Da überdies bei längerer Dauer der Versuche über die in der Tabelle angegebene Zeit hinaus keine weitere merkliche Abnahme der Oxalsäure erfolgte, so muß der Stillstand in der Zersetzung der Oxalate durch den Eintritt alkalischer Reaktion der Lösungen infolge ihrer Zersetzung bedingt sein. Wollte man demnach eine vollständige Zersetzung der Oxalate in den Versuchslösungen erreichen, so müßte man entweder schwächere Oxalatkonzentrationen verwenden oder die Lösungen sukzessive ansäuern.

Mehrere Versuche, die ich mit 1%-igen Tetraoxalat- und Oxalsäurelösungen anstellte, ergaben keine nennenswerte Abnahme der Oxalsäure. Die Zersetzung der Oxalsäure findet somit nur bei einer verhältnismäßig geringen Azidität statt, welche wahrscheinlich die Azidität lebender *Rumex*blätter nicht übersteigen darf.

Als eine weitere Bedingung zur Oxalatzersetzung ist die reichliche Sauerstoffzufuhr zu nennen. Alle in der Tabelle genannten

Versuche fanden ja unter Durchlüftung statt. Hingegen erfolgte in einigen Versuchen, die in genau gleicher Weise angestellt waren, in denen jedoch die die Versuchslösung enthaltenden Gefäße mit Gummistopfen zwecks Verhinderung des Luftzutritts versehen waren, eine nur ganz geringe Abnahme des Oxalats.

Eine deutliche Relation zwischen zersetzter Oxalsäure und ausgeschiedenem Kohlendioxyd ließ sich in diesen Versuchen nicht feststellen. Dies war allerdings auch kaum zu erwarten, da in zerriebenen Pflanzenorganen sich noch mancherlei Körper befinden, die bei ihrem Abbau durch Enzyme eine postmortale Kohlendioxydentwicklung veranlassen.

Viel prompter erfolgte die Zersetzung des Oxalations in folgenden Versuchen.

b) Oxalsäurezersetzung in durch Gefrieren abgetöteten Blättern.

Die Methode dieser Versuche war folgende:

An den Nachmittagen möglichst heller Tage wurden *Rumex*-blätter gepflückt und davon 2 ungefähr gleiche Portionen so schnell als möglich in 240 cm³ fassende U-Röhren unter Vermeidung zu starker Zerknitterung der Blätter gefüllt und die Röhren an einem Ende mit einem in Toluol getränkten Wattepfropfen versehen. Beide Enden wurden mit durchbohrten Gummistopfen verschlossen, durch welche mit Gummiverschluß versehene gebogene Glasröhrchen führten. Hierauf wurden die verschlossenen U-Rohrenden in Paraffin getaucht und in eine Kältemischung gelegt. Meist verwendete ich eine Kältemischung von 1 Teil Schnee resp. Eis (im Sommer) mit $\frac{4}{5}$ Teilen feinzerstoßenen Calciumchlorids. Die tiefste Temperatur, die ich hierbei erreichte, war -26°C . In dem isolierten, die Kältemischung enthaltenden Gefäß, das in ein größeres, mit Eis resp. Schnee gefülltes gestellt wurde, blieben die U-Röhren meist 14 bis 20 Stunden; während dieser Zeit stieg die Temperatur wieder; in einem Fall, während des Sommers, betrug sie beim Herausnehmen der Röhren in den obersten Schichten der Mischung 0° . Die Temperatur war übrigens nach Verlauf einiger Stunden nicht in allen Schichten der Kältemischung dieselbe, es ließen sich Unterschiede bis zu 15° feststellen. Während des Winters blieb die Temperatur in dem Gefriergefäß bedeutend gleichmäßiger. In dieser Jahreszeit stellte ich den Topf ins Freie an eine schattige Stelle und überdeckte ihn mit einer dicken Schneeschicht.

Nach einer bestimmten Zeit wurden die gefüllten U-Röhren aus der Kältemischung herausgenommen, sofort in den vorbereiteten Thermostat gestellt und mit dem Gasometer wie mit den mit titrierter Baryumhydroxydlösung gefüllten Pettenkoferschen Röhren verbunden. Aus dem Gasometer wurde durch die U-Röhren einer Versuchsreihe kohlendioxydfreie Luft, durch die der anderen Wasserstoff durchgepreßt. Das Pflanzenmaterial wurde gewöhnlich nach 24 Stunden in der angegebenen Weise auf seinen Oxalsäuregehalt untersucht.

α. Versuche mit kohlendioxydfreier Luft.

I. Versuch: Der Himmel seit einer Woche bedeckt. 300 g Blätter wurden drei verschiedenen, aber auf gleicher Vegetationsstufe stehenden Exemplaren von *Rumex acetosa* entnommen. Die *Rumex*-pflanzen gehörten einer seit langem im botanischen Garten kultivierten Rasse an, die durch große, aber nur schwachgrüne Blätter mit dicken langen Stielen ausgezeichnet ist.

Die beiden U-Röhren werden mit Blättern gefüllt, verschlossen und sofort in die Kältemischung von -26°C . gelegt. Nach 18 Stunden ist die Temperatur auf -14° gestiegen. Die Röhren werden herausgenommen und kommen in den Thermostat, der auf 32.5° eingestellt ist.

Versuchsdauer $22\frac{1}{2}$ Stunden, pro Stunde wurden ca. 3.2 l kohlendioxydfreie Luft durchgeleitet.

Die Kontrollprobe mit 200 g Blättern enthält 0.364% Oxalsäure.

Das U-Rohr I	" 55.7 g	"	0.2025 g	"
	Nach Abbruch des Versuches		0.0 g	"
	Folglich zersetzt		0.2025 g	"
				= 100%.

Abgeschiedenes Kohlendioxyd 0.2878 g

Das U-Rohr II mit 48.8 g Blättern enthält 0.1774 g Oxalsäure.

	Nach Abbruch des Versuches	0.0029 g	"
	Folglich zersetzt	0.1745 g	"
			= 98.9%.

Abgeschiedenes Kohlendioxyd 0.2364 g.

II. Versuch: Allgemeine Versuchsanordnung wie vorher. Wetter trüb, die zwei vorhergehenden Tage waren dagegen sonnig. Blätter um 2 Uhr nachm. gepflückt; sie verbleiben 22 Stunden in

der Kältemischung, deren Temperatur allmählich auf -7°C . steigt. Hierauf kommen die U-Röhren in den Thermostat bei 38°C .

Versuchsdauer 24 Stunden.

Die Kontrollprobe mit 24 g Blättern enthält 0.521% Oxalsäure.

Das U-Rohr I	"	32.5 g	"	"	0.1725 g	"
		Nach Abbruch des Versuches			0.0 g	"
		Folglich zersetzt			0.1725 g	"
						= 100%.

Abgeschiedenes Kohlendioxyd 0.1400 g.

Das U-Rohr II mit 25.7 g Blättern enthält 0.1460 g Oxalsäure.

		Nach Abbruch des Versuches			0.0 g	"
		Folglich zersetzt			0.1460 g	"
						= 100%.

Abgeschiedenes Kohlendioxyd 0.1233 g.

III. Versuch: Allgemeine Versuchsanordnung wie vorher. Wetter sonnig, wie auch an den vorhergehenden vier Tagen. Blätter um 2^h 30' nachm. gepflückt, sie verbleiben 25 Stunden in der Kältemischung, deren Temperatur beim Herausnehmen der U-Röhren auf 0° stieg.

Versuchsdauer 24 Stunden, aber nur während 7 Stunden kohlendioxydfreie Luft durchgeleitet.

Die Kontrollprobe mit 28 g Blättern enthält 1.266% Oxalsäure.

U-Rohr I: Versuchstemperatur $44-45^{\circ}\text{C}$.

Das Rohr enthält in 34 g Blättern 0.4304 g Oxalsäure.

Nach Abbruch des Versuches	0.0090 g	"
Folglich zersetzt	0.3214 g	" = 97.9%.

Abgeschiedenes Kohlendioxyd 0.2534 g.

U-Rohr II: Versuchstemperatur $17-19^{\circ}\text{C}$.

Das Rohr enthält in 34 g Blättern 0.4304 g Oxalsäure.

Nach Abbruch des Versuches	0.0084 g	"
Folglich zersetzt	0.4220 g	" = 98.1%.

Abgeschiedenes Kohlendioxyd 0.2684 g.

IV. Versuch: Allgemeine Versuchsanordnung wie vorher. Sonniges Wetter von 11 Uhr vorm. an. Blätter um 5^h 20' nachm. gepflückt, sie verbleiben 18 Stunden in der Kältemischung, deren Temperatur beim Herausnehmen der U-Röhren auf -6°C . stieg.

Versuchsdauer 20 Stunden, aber nur während 4 Stunden Kohlendioxydfreie Luft, ca. 3.6 l in der Stunde durchgeleitet.

Die Kontrollprobe mit 28 g Blättern enthält 0.892% Oxalsäure.

U-Rohr I: Versuchstemperatur 15–17°C.

Das Rohr enthält in 41.3 g Blättern	0.3684 g	"
Nach Abbruch des Versuches	0.0 g	"
Folglich zersetzt	0.3684 g	"
		= 100%.

Abgeschiedenes Kohlendioxyd 0.2536 g.

U-Rohr II: Versuchstemperatur 38°C.

Das Rohr enthält in 40 g Blättern	0.3568 g	Oxalsäure.
Nach Abbruch des Versuches	0.0 g	"
Folglich zersetzt	0.3568 g	"
		= 100%.

Abgeschiedenes Kohlendioxyd 0.3034 g.

Aus der obigen Versuchsreihe mit erfrorenen, d. h. abgetöteten Blättern bei verschiedenen Temperaturen und verschiedener Durchlüftungsdauer ergibt sich übereinstimmend, daß das gesamte in den Blättern vorhandene Oxalat bei genügender Durchlüftung längstens innerhalb 24 Stunden zersetzt wird. Innerhalb der eingehaltenen Versuchsdauer waren keine Temperatureinflüsse bemerkbar. Man müßte also, um den Einfluß der Temperatur auf die Geschwindigkeit der Oxalatzersetzung in abgetöteten Pflanzen zu studieren, offenbar bedeutend kürzere Versuchszeiten wählen. Wenn man annimmt, daß die Oxalatzersetzung unter Kohlendioxydabgabe erfolgt, so müßte der Zersetzungsprozeß in obigen Versuchen nach ungefähr 6 Stunden schon beendet gewesen sein, da nach dieser Zeit in den eingeschalteten frischen Pettenkoferschen Röhren das Baryt gar nicht oder nur spurenweise getrübt wurde.

Auch in diesen Versuchen ließ sich, wohl aus den gleichen, bei der Beschreibung der Versuche mit zerriebenen Blättern erörterten Gründen keine bestimmte Relation zwischen der Menge der zersetzten Oxalsäure und der des abgeschiedenen Kohlendioxyds feststellen, wie dies aus den jeweiligen Angaben über die Menge des ausgeschiedenen Kohlendioxyds hervorgeht.

Um eine vorläufige Orientierung über den Einfluß der Temperatur und der Durchlüftung bei der Oxalsäurezersetzung zu gewinnen, stellte ich folgende Versuche an:

α'. Versuche ohne Durchlüftung.

I. Versuch: Blätter, bei z. T. bedecktem Himmel um 7 Uhr nachm. gepflückt, verbleiben 22 Stunden in der Kältemischung. Nach dem Herausnehmen der Kölbchen mit den gefrorenen Blättern aus der Kältemischung werden in jedes Kölbchen 6 cm³ Toluol gegeben; Kölbchen I erhält außerdem noch 100 cm³ einer 1%-igen Oxalsäurelösung, welche die gefrorenen und darum zusammengefallenen Blätter überdeckt. Schließlich werden die beiden Kölbchen mit dichten Wattepropfen verschlossen und 15 Stunden lang stehen gelassen.

Die Kontrollprobe mit 30 g Blättern enthält 0.791% Oxalsäure. Das Kölbchen I kommt in den dunklen Thermostat bei 35°C.

Das Kölbchen I mit 37 g Blättern enthält 0.2928 g Oxalsäure.

In 100 cm ³ der 1%-igen Oxalsäure	0.7143 g	"
S-a	1.0071	" "

Nach Abbruch des Versuches	0.6886 g	"
----------------------------	----------	---

Folglich zersetzt	0.3185 g	"
-------------------	----------	---

= 31.6¹/₂,

d. h. es wurde die gesamte in den Blättern vorhandene Oxalsäure zersetzt und außerdem 0.0257 g der zugesetzten Oxalsäure.

Das Kölbchen II, ohne Oxalsäurezusatz, kommt in den Dunkelschrank bei 16°C.

Es enthält in 37 g Blättern 0.2928 g Oxalsäure.

Nach Abbruch des Versuches	0.2363 g	"
----------------------------	----------	---

Folglich zersetzt	0.0565 g	" = 19.3%.
-------------------	----------	------------

II. Versuch: Blätter, bei z. T. trübem Wetter um 5 Uhr nachm. gepflückt, verbleiben 21 Stunden in der Kältemischung. Sonstige Versuchsanordnung genau wie vorher, nur kommen beide Kölbchen für 16 Stunden in den Dunkelschrank bei 14°C.

Die Kontrollprobe mit 31 g Blättern enthält 0.733% Oxalsäure.

Das Kölbchen I mit 51 g Blättern enthält 0.3738 g "

In 100 cm ³ der ca. 1%-igen Oxalsäure	0.8155 g	"
--	----------	---

S-a	1.1893 g	"
-----	----------	---

Nach Abbruch des Versuches	1.0869 g	"
----------------------------	----------	---

Folglich zersetzt	0.1024 g	"
-------------------	----------	---

= 8.6%.

Das Kölbchen II enthält in 51 g Blättern	0.3738 g Oxalsäure.
Nach Abbruch des Versuches	0.3297 g "
Folglich zersetzt	0.0441 g "
	= 11.8%.

Aus obigen Versuchen ist die Wichtigkeit sowohl der Sauerstoffzufuhr wie auch einer erhöhten Temperatur für die Oxalsäurezer-
setzung deutlich zu ersehen. Während in den Versuchen mit Durch-
lüftung die Zersetzung der Oxalate auch bei Zimmertemperatur
(15–18°C.) und annähernd gleicher Versuchsdauer eine vollstän-
dige war, ist sie in diesen Versuchen auf geringe Beträge (ca. 12
und 19%) gesunken. Erst bei einer bedeutenden Steigerung der
Temperatur (auf 35°C., Versuch I, Kölbchen I) vermag die Säure-
zerersetzung auch bei beschränkter Sauerstoffzufuhr stattzufinden.
Der Sauerstoffzutritt war übrigens in den Kölbchen ohne Zusatz
der 1%-igen Oxalsäure stärker beschränkt als in den Kölbchen
mit diesem Zusatz. Das allen Kölbchen in gleicher Menge zu-
gesetzte Toluol hat nämlich die Blätter, die nicht von Flüssigkeit
bedeckt waren, viel vollständiger überzogen und damit den Sauer-
stoffzutritt stärker behindert als in den anderen Kölbchen, in wel-
chen die Blätter von der Oxalsäurelösung bedeckt waren; im Kölb-
chen II des II. Versuches war darum die Oxalatzersetzung auch bei
gleicher Temperatur geringer als im Kölbchen I.

α''. Versuch unter Durchlüftung mit durch Sieden abgetöteten Blättern.

Dieser Versuch wurde im allgemeinen wie die sub α' genannten
Versuche ausgeführt, jedoch mit dem Unterschied, daß die U-Röh-
ren mit den gefrorenen Blättern aus der Kältemischung sofort in
einen Dampftopf gebracht und in diesem $\frac{1}{2}$ Stunde lang zum Sie-
den erhitzt wurden.

Bei hellem Wetter um 3^h 40' nachm. gepflückte Blätter verbleiben
16 Stunden in der Kältemischung, hierauf $\frac{1}{2}$ Stunde lang im Dampf-
topf bei Siedetemperatur. Dann werden sie sofort in den Thermostat
von 33°C. gestellt und in den Durchlüftungsapparat eingeschaltet.

Die Kontrollprobe mit 25 g Blättern enthält	0.891 % Oxalsäure.
Das U-Rohr I enthält in 40 g Blättern	0.3765 g "
Nach Abbruch des Versuches	0.3443 g "
Folglich zersetzt	0.0322 g "
	= 8.6%.

Das U-Rohr II enthält in 40 g Blättern	0.3765 g Oxalsäure.
Nach Abbruch des Versuches	0.3415 g "
Folglich zersetzt	0.0350 g "
	= 9.3%.

Die in diesen Versuchen erfolgte geringe Abnahme der Oxalsäure wird wohl nicht auf eine geringe Zersetzung nach dem Sieden, sondern auf die vor dem Sieden erfolgte, und zwar in der Zeit zwischen Abwägen und Einbringen der Blätter in die Kältemischung und besonders in der Zeit zwischen dem Herausnehmen der U-Röhren aus der Kältemischung und dem allmählichen Erreichen der Tötungstemperatur im Dampftopf, zurückzuführen sein. Eine rasche Erhitzung mußte vermieden werden, damit die Glasröhren nicht zerspringen. Die Hauptmenge der in den Blättern vorhandenen Oxalate ist jedoch unzersetzt geblieben, wodurch bewiesen wird, daß die die Zersetzung bewirkenden Enzyme bei Siedetemperatur abgetötet resp. unwirksam gemacht werden.

β. Versuche mit Wasserstoff.

Die Blätter wurden für diese Versuchsreihe in gleicher Weise wie für die sub α beschriebenen behandelt, jedoch mit dem Unterschied, daß durch die damit gefüllten U-Röhren 10 Minuten lang ein schneller Strom von gereinigtem Wasserstoff durchgeleitet wurde. Dann verschloß ich sie und legte sie in die Kältemischung. Nachdem die U-Röhren aus der Kältemischung herausgenommen waren, wurden sie in den Thermostat gestellt und sofort in den Apparat eingeschaltet, der gereinigten Wasserstoff mit ca. 4 l Geschwindigkeit in der Stunde durch die Röhren trieb.

I. Versuch: Die Blätter wurden nach ca. dreistündiger intensiver Besonnung um 2^h 30' nachm. gepflückt; tags zuvor war gleichfalls während einiger Stunden Sonnenschein, die vorhergehenden Tage waren vorwiegend trübe. In der Kältemischung, deren Temperatur bis zum Herausnehmen der Blätter auf -17°C. gestiegen war, verweilten diese 24 Stunden.

Die Kontrollprobe mit 15.5 g Blättern enthält	0.907% Oxalsäure.
Das U-Rohr I enthält in 33 g Blättern	0.2993 g "
Nach Abbruch des Versuches	0.2779 g "
Folglich zersetzt	0.0214 g "
	= 7.15%.

Abgeschiedenes Kohlendioxyd 0.1322 g.

Das U-Rohr II enthält in 33·5 g Blättern	0·3038 g Oxalsäure.
Nach Abbruch des Versuches	0·2835 g "
Folglich zersetzt	0·0203 g "
	= 6·68%.

Abgeschiedenes Kohlendioxyd 0·1518 g.

II. Versuch: Die Blätter werden bei z. T. bedecktem Himmel um 4 Uhr nachm. gepflückt und verbleiben in der Kältemischung 22 Stunden.

Versuchsdauer 24 Stunden, Temperatur 34°C.

Die Kontrollprobe mit 20 g Blättern enthält	0·614 % Oxalsäure.
Das U-Rohr I enthält in 40 g Blättern	0·2456 g "
Nach Abbruch des Versuches	0·2312 g "
Folglich zersetzt	0·0144 g "
	= 5·86%.

Das U-Rohr II enthält in 40 g Blättern	0·2456 g Oxalsäure
Nach Abbruch des Versuches	0·2291 g "
Folglich zersetzt	0·0165 g " = 6·72%.

* Zum Schluß führe ich meinen ersten Versuch an, den ich in H_2 -Atmosphäre unternommen habe. Dieser Versuch wurde in gleicher Weise wie die beiden obigen ausgeführt, jedoch mit dem Unterschied, daß ich es unterließ, die mit Blättern gefüllten U-Röhren schon vor ihrem Einlegen in die Kältemischung mit Wasserstoff zu füllen. Auf diese Weise befanden sich die Blätter während längerer Zeit, bis zum Einschalten der U-Röhren in den Wasserstoffapparat, in sauerstoffhaltiger Atmosphäre. Ich führe hier gleichwohl diesen, ursprünglich wegen seiner fehlerhaften Methode von mir verworfenen Versuch an, weil die Resultate desselben recht instruktiv den Einfluß von Sauerstoff auf die Zersetzung der Oxalsäure zeigen.

III. Versuch: Die Blätter wurden bei sonnigem Wetter um 4 Uhr nachm. gepflückt und verblieben in der Kältemischung 24 Stunden.

Versuchsdauer 24 Stunden, Temperatur 35°C.

Die Kontrollprobe mit 30 g Blättern enthält	0·641 % Oxalsäure.
Das U-Rohr I enthält in 40 g Blättern	0·2564 g "
Nach Abbruch des Versuches	0·1676 g "
Folglich zersetzt	0·0888 g "
	= 34·7%.

Abgeschiedenes Kohlendioxyd 0·1133 g.

Das U-Rohr II enthält in 40 g Blättern	0.2564 g Oxalsäure.
Nach Abbruch des Versuches	0.1986 g „
Folglich zersetzt	0.0578 g „
	= 22.5%.

Abgeschiedenes Kohlendioxyd 0.0960 g.

Die Resultate obiger Versuche ergeben, daß eine Zersetzung der Oxalate in einer Wasserstoffatmosphäre, d. h. bei Abwesenheit von Sauerstoff nicht erfolgt. Die immerhin auch in diesen Versuchen eingetretene geringe Zersetzung der in den Blättern vorhandenen Oxalate wird wohl auf das Vorhandensein geringer, durch den Wasserstoff nicht völlig verdrängter Reste von Sauerstoff zurückzuführen sein. In dieser Auffassung werde ich hauptsächlich durch das Ergebnis meines ersten, oben unter III mitgeteilten Versuches bestärkt, bei welchem in dem einen U-Rohr 34.7%, in dem anderen 22.5% des vorhandenen Oxalats zersetzt worden waren, also bedeutend mehr als in den Versuchen I und II, wo die Luft aus den Blättern und den U-Röhren schon vor deren Einlegen in die Kältemischung sorgfältig durch Wasserstoff verdrängt worden war.

Man sieht auch hier, daß die Menge des in diesen Versuchen abgeschiedenen Kohlendioxyds in keinem bestimmten Verhältnis zu der Menge der zersetzten Oxalsäure steht. Gerade diese Versuche zeigen am deutlichsten, daß ein Teil des Kohlendioxyds seinen Ursprung anderen Prozessen und nicht der Zersetzung der Oxalate verdankt.

Aus allen in diesem Abschnitt angeführten Versuchen mit durch Gefrieren abgetöteten Blättern geht hervor, daß die Zersetzung der Oxalate ein Prozeß ist, der von den Lebensvorgängen der Pflanze getrennt werden kann. Er findet nur bei Anwesenheit von Sauerstoff statt und wird durch Temperaturerhöhung stark beschleunigt. Es bleibt zweifelhaft, ob die Oxalsäure durch diesen Prozeß vollständig zu Kohlendioxyd oxydiert wird, da keiner der Versuche ein bestimmtes Verhältnis zwischen zersetzter Oxalsäure und gebildetem Kohlendioxyd ergab. Vielmehr entstammte ein Teil des gemessenen Kohlendioxyds sicher anderen Prozessen, was besonders aus den Versuchen in Wasserstoffatmosphäre hervorgeht. Durch Siedetemperatur wird die Oxalsäurezersetzung aufgehoben und erfolgt nach dem Erhitzen auch unter günstigen Bedingungen nicht mehr. Besonders dieser Umstand spricht für die Enzymnatur des Prozesses.

c) Oxalsäurezersetzung durch einen aus ausgepreßten Rumexblättern erhaltenen Niederschlag (Enzym).

Da die letzten Versuche unzweideutig ergeben haben, daß die Zersetzung der Oxalsäure, wie ich schon früher vermutet habe (vergl. meine Arbeit, 1913, S. 298), ein enzymatischer Prozeß ist, so versuchte ich aus dem Saft abgepreßter *Rumex*blätter das Enzym zu gewinnen. Ich verfuhr dabei auf folgende Weise:

Für jeden Versuch pflückte ich eine größere Portion (mindestens 800 g) Blätter von *Rumex acetosa*, und zwar stets bei sonnigem Wetter, zerkleinerte sie alsbald in einer Fleischhackmaschine und preßte sie dann unter ca. 300 Atmosphären ab. Der trübe, grünlichgelbe Saft wurde möglichst schnell unter Druck durch Glaswolle abfiltriert und in das fünffache Volumen 96%-igen Alkohols gegossen. Dabei entstand alsbald eine Trübung und nach kurzer Zeit bildete sich ein weißlicher Niederschlag. Dieser wurde sofort abfiltriert, in einer kleinen Quantität dest. Wassers gelöst, vom Unlöslichen abfiltriert und wiederum mit Alkohol gefällt. Der abfiltrierte Niederschlag wurde bei ca. 40°C. im Vakuum über Calciumchlorid getrocknet. An der Luft nahm er auch nach seiner völligen Trocknung allmählich einen graugelblichen Ton an. Er reagierte auf Millon's Reagens und auf die Xanthoproteinprobe positiv, auf die Biuretprobe dagegen negativ. Ferner reduzierte er deutlich Fehlingsche Lösung: er zeigte saure Reaktion, enthielt viel Asche, darin Kalium, viel Magnesium und Eisen, aber kein Calcium. (Eine genauere Analyse werde ich später mitteilen, sobald mir genügende Mengen dieses Pulvers zur Verfügung stehen).

Von diesem Pulver setzte ich nun Quantitäten von 0.1—0.45 g verschiedenen Oxalat- und Oxalsäurelösungen hinzu, die in Mengen von je 500—500 cm³ in 1-l-Jenenserkolben mit aufgeschliffenen Glashelmen eingefüllt waren. Die Kolben mit der Versuchslösung wurden 1 Stunde lang bis zum Vertreiben ev. darin gelösten Kohlendioxyds ausgekocht, darauf noch 6 Stunden lang von kohlendioxydfreier Luft stark durchströmt. Die Kolben öffnete ich erst, nachdem ich sie auf ca. 50°C. erwärmt hatte (um das Hineinströmen kohlendioxydhaltiger Luft zu verhindern), säuerte die Lösung (sofern sie ein neutrales oxalsaures Salz enthielt) mit wenig Oxalsäure an, setzte das Pulver und je 2 Volumprocente Toluol zu, schüttelte kräftig um, entnahm steril 50 cm³ zur Oxalsäurebestimmung, schloß

hierauf die Kolben, stellte sie in den in der Dunkelkammer aufgestellten Thermostat (irdener Topf mit Wasser) und schaltete sie in den Gaszuleitungsapparat ein. Hier wurden sie von kohlendioxydfreier Luft durchströmt, die nach Verlassen der Kolben Pettenkofer'sche Röhren mit titrierter Baryumhydroxydlösung passierte. Beim Abbruch der Versuche setzte ich jedem Kolben ca. 10 cm³ konzentrierte Schwefelsäure zu und leitete unter Steigerung der Temperatur auf 60°C., um alles Kohlendioxyd zu vertreiben, noch vier Stunden lang einen Strom kohlendioxydfreier Luft in raschem Tempo durch. Hierauf wurden die Lösungen genau wie die zu Beginn des Versuches entnommenen Kontrollen analysiert.

Leider verwendete ich die Versuchslösungen im allgemeinen in zu starken Konzentrationen, nämlich 1%-ige Oxalsäure-, Kaliumtetraoxalat- und Kaliumoxalatlösungen. Ich konnte wohl auch deswegen, abgesehen von einer schwachen Zersetzung der Kaliumoxalatlösungen, keine nennenswerte Abnahme des Oxalations feststellen.

Erst bei Anwendung einer 0.5%-igen Natriumoxalatlösung erhielt ich günstigere Resultate, die in der Tabelle XVI zusammengestellt sind. Diese Lösungen zeigten stets bei Abbruch der Versuche eine stark alkalische Reaktion.

TABELLE XVI.

Vers. Nr.	Dauer d. Ver- suchs. Stand.	Temp. °C.	Wasserfreie Oxalsäure					
			Menge d. zugesetzt. Pulvers g	b. Beginn d. Vers. g	nach Ab- bruch d. Versuchs	Abnahme in g	Abnahme in %	Abschiede- nes Kohlen- dioxyd in %
1.	12	32	0.37	2.3612	1.9330	0.4282	18.13	0.0952
2.	12	32	0.45	2.2000	1.9206	0.2794	12.7	0.1558
3.	16	33	0.32	2.2665	1.9583	0.3088	13.6	0.0987
4.	15	34	0.15	2.3865	2.0894	0.2971	12.45	0.1263

Wie aus obiger Tabelle zu ersehen ist, erfolgte eine merkliche Zersetzung des Oxalations durch das aus abgepreßten Rumexblättern gewonnene Enzym unter den in den Versuchen herrschenden Bedingungen. Allerdings war die Zersetzung keine vollständige, wohl aus den gleichen Gründen, die ich schon früher anlässlich der Versuche mit zerriebenen Blättern erwähnt habe. Ich werde darum die Versuche zu gelegener Zeit unter Anwendung schwächerer Konzentrationen und unter Neutralisation

durch Oxalsäure wiederholen, wie ich dies früher bei den Kulturen des *Bacillus extorquens* getan habe. Jedoch sprechen schon diese Versuche, trotz ihrem Mangel an Eleganz, deutlich genug.

Es unterliegt hiernach keinem Zweifel mehr, daß die Zersetzung der Oxalsäure bei *Rumex acetosa*—und wahrscheinlich auch bei anderen Pflanzen—ein enzymatischer Prozeß ist.

Obwohl ich in diesen Versuchen alles getan habe, um das gebildete Kohlendioxyd aus den Lösungen vollständig zu vertreiben, fehlt durchweg jede bestimmte Relation zwischen zersetzter Oxalsäure und gebildetem Kohlendioxyd. Es bleibt deshalb noch recht zweifelhaft, ob die Zersetzung der Oxalsäure unter vollständiger Oxydation zu Kohlendioxyd erfolgt. Diese Frage bedarf weiterer Untersuchungen.

3. Schlußbetrachtung.

Alle mit *Rumex*, *Begonia* und *Oxalis* ausgeführten Versuche zeigen, daß die in diesen Pflanzen vorhandene Oxalsäure zersetzt wird. In Blättern, die durch Gefrieren abgetötet wurden, ist die Zersetzung dieser Säure bei reichlicher Sauerstoffzufuhr und günstiger Temperatur vollständig, während sie in der intakten Pflanze, offenbar infolge einer Selbstregulation des lebenden Plasmas, nicht bis zum völligen Verschwinden der Säure fortgesetzt wird. Ein aus dem Preßsaft von *Rumex*blättern gewonnenes Pulver zersetzt gleichfalls angesäuerte Oxalatlösungen. Diese Ergebnisse beweisen sonach, daß die Zersetzung des Oxalations in den grünen Pflanzen ein enzymatischer Prozeß und demnach den allgemeinen Gesetzen der Enzymreaktionen unterworfen ist. Die Zersetzung der Oxalsäure ist sonach unabhängig vom Licht; intensive Belichtung wird aber durch die von ihr bedingte Temperatursteigerung selbstverständlich den Zersetzungsprozeß beschleunigen.

Am Beginn meiner Versuche glaubte ich, daß die Zersetzung der Oxalsäure in einer glatten Oxydation derselben zu Kohlendioxyd und Wasser beruhe, wie ich dies früher im Enzymversuch bei *Bacillus extorquens* gefunden hatte. Doch schon die Mengen des bei der Zersetzung entstehenden Kohlendioxyds sprechen gegen eine solche Annahme; bei vollständiger Oxydation müßte 1 Mol Oxalsäure 2 Mol Kohlendioxyd ergeben, wie ich dies bei dem erwähn-

ten Enzymversuch (1913, S. 286) tatsächlich gefunden habe. Aus dem Fehlen dieser Proportionalität in den in Tab. XVI zusammengestellten Resultaten muß geschlossen werden, daß die Zersetzung der Oxalsäure auf andere Weise als durch eine vollständige Oxydation zu Kohlendioxyd stattfindet. Hierüber habe ich bisher zu wenig Erfahrungen gesammelt, so daß ich mir die Beantwortung dieser Frage für die Zukunft vorbehalten muß.

Aus der je nach den Bedingungen größeren oder geringeren, stets aber bedeutenden und fortwährenden Zersetzung der Oxalsäure in meinen Versuchspflanzen muß gefolgert werden, daß diese Säure täglich in größeren Mengen entsteht. Als Bildungsquellen derselben können die verschiedensten organischen Körper in Frage kommen, wie man ja auch daraus, daß sie in vitro als Oxydations- oder Spaltungsprodukt zahlreicher organischer Verbindungen auftritt, bestimmte Schlüsse auf deren Entstehung in der Pflanze zog. Allgemein wird sie, im Anschluß an die Verhältnisse bei den Succulenten, als unvollständiges Produkt der Atmung infolge behinderter Sauerstoffzufuhr aufgefaßt. Es kann jedoch bei dünnblättrigen Pflanzen, wie *Rumex* und *Oxalis*, von einer Erschwerung der Luftzufuhr nicht ernstlich die Rede sein. Wäre aber die Oxalsäure trotzdem ein Atmungsprodukt, so müßte ihre Menge bei gesteigerter Atmung, z. B. also bei höherer Temperatur während der Nacht, zunehmen. Alle meine Versuche ergaben jedoch das Gegenteil. Je höher die Temperatur und je intensiver demnach die Atmung, desto geringer ist der Oxalsäuregehalt der Pflanze.

Die Bildung der Hauptmenge der Oxalsäure in den grünen Pflanzen kann sonach unmöglich auf dissimilatorische Vorgänge zurückgeführt werden, sie muß vielmehr bei der CO_2 -Assimilation entstehen. Damit möchte ich jedoch durchaus nicht die Möglichkeit ihrer Entstehung bei dissimilatorischen Prozessen überhaupt bestreiten. Die Resultate in den Tab. V und X zeigen aber aufs deutlichste, daß der Gehalt belichteter Blätter an Oxalation steigt, obwohl ohne Zweifel auch die Atmung in belichteten Blättern wegen der Erwärmung durch die Insolation gesteigert wird und darum die Oxalsäure umso intensiver zersetzt werden müßte.

Da weitere Untersuchungen über die Bildung der Oxalsäure im Gange sind, will ich mich hier auf diesen kurzen Hinweis beschränken.

4. Zusammenfassung.

1. Der Gasantoxalsäuregehalt der Blätter von *Rumex acetosa* schwankt innerhalb weiter Grenzen; er betrug im Minimum 0·074%, im Maximum 1·266% des Frischgewichtes der Blattsubstanz.

2. Er ist in weitgehendem Maße abhängig von der Belichtung, und zwar steigt er infolge von Belichtung.

3. Er sinkt bei Verdunkelung der Pflanze, was nicht nur für *Rumex*, sondern auch für *Oxalis* und *Begonia* gilt.

4. In den Blattspreiten ist er höher als in den Blattstielen, in welchen er überhaupt stabiler ist, so daß sowohl die Zunahme nach Belichtung als auch die Abnahme nach Verdunkelung geringer ist als in den Spreiten.

5. Zerriebene *Rumex*blätter zersetzen bei reichlicher Luftzufuhr Oxalatlösungen.

6. In erfrorenen Blättern wird bei Luftzufuhr die gesamte Oxalsäure zersetzt, nicht dagegen in einer Wasserstoffatmosphäre; in erfrorenen Pflanzen scheinen darum besonders Oxydationen gesteigert zu werden.

7. Erfrorene, nachher auf 100°C. erhitzte Blätter zersetzen die Oxalsäure nicht.

8. Ein aus dem Preßsaft von *Rumex*blättern gewonnenes Pulver zersetzt gleichfalls angesäuerte Oxalatlösungen.

9. Folglich ist die Zersetzung des Oxalations in den Pflanzen ein enzymatischer Prozeß.

10. Die Zersetzung der Oxalsäure ist keine vollständige Oxydation derselben zu Kohlendioxyd und Wasser.

11. Die Hauptmenge der Oxalsäure bei *Rumex* entsteht nicht infolge dissimilatorischer, wohl aber infolge assimilatorischer Vorgänge.

Literatur-Verzeichnis.

1903. Amar, M. Sur le rôle de l'oxalate de calcium dans la nutrition des végétaux. Compt. rend., Bd. 136, II, S. 901.
 1904. Amar, M. Annales des Sciences naturelles, 8e sér., Bot., Bd. 19, S. 195.
 1869. A'é, H. A. Über die physiologische Bedeutung des in den Pflanzen vorkommenden oxalsäuren Kalkes. Flora, S. 177.
 1901. Astruc, A. Répartition de l'acidité dans la tige, la feuille et la fleur. Compt. rend., Bd. 133, S. 491.

1913. Bassalik, K. Über die Verarbeitung der Oxalsäure durch *Bacillus extorquens n. sp.* Pringsh. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. 53, S. 255.
1913. Baur, E. Über Bildung, Zerlegung und Umwandlung der Glykolsäure. Ber. d. deutsch. chem. Ges., S. 852.
1903. Benecke, W. Über Oxalsäurebildung in grünen Pflanzen. Bot. Ztg., Bd. 61, S. 79.
1885. Berthélot et André, G. Sur l'acide oxalique dans la végétation. Compt. rend., Bd. 101, S. 354.
1886. Berthélot et André, G. Sur la formation de l'acide oxalique dans la végétation. Étude du *Rumex acetosa*. Compt. rend., Bd. 102, S. 995.
1887. Berthélot et André. Recherches sur l'acide oxalique dans la végétation. I. mémoire. Annales de chimie et de physique, 6e sér., 10. Bd., S. 289.
1887. Berthélot et André. II. mémoire. Ebenda, S. 308.
1901. Berthélot et André. Remarques sur la formation des acides dans les végétaux. Comp. rend., Bd. 133, S. 502.
1875. Boehm, J. Über den vegetabilischen Nährwert der Kalksalze. Sitzber. d. Wiener Akad. d. Wiss., Bd. 71, I. Abt.
1903. Chabartot, E. et Hébert, A. Influence de la nature du milieu extérieur sur l'acidité végétale. Compt. rend., Bd. 136, S. 1009.
1903. Chabartot, E. et Laloue, G. Distribution de quelques substances organiques dans le géranium. Compt. rend., Bd. 136, S. 1467.
1896. Gerber, C. Recherches sur la maturation des fruits charnus. Annal. d. Sciences nat., 8e sér., Bot., Bd. 4, S. 1.
1892. Giessler, R. Die Lokalisation der Oxalsäure in der Pflanze. Jenaische Ztschr. f. Naturw., Bd. 27, S. 344.
1896. Groom, Percy. Preliminary note on the relation between calcium and the conduction of carbohydrates in plants. Annals of Botany, Bd. X, S. 91.
1867. Hilgers, G. Über das Auftreten der Krystalle von oxalsaurem Kalk im Parenchym einiger Monocotylen. Pringsh. Jahrb. wiss. Bot., Bd. 6, S. 285.
1867. Holzner, G. Über die physiologische Bedeutung des oxalsauren Kalkes. Flora, S. 497.
1889. Kohl, F. G. Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze. Marburg.
1890. Kohl F. G. Zur physiologischen Bedeutung des oxalsauren Kalkes in der Pflanze. Bot. Centralbl., Bd. 44, S. 337.
1882. Kraus, G. Über die Wasserverteilung in der Pflanze. II. Der Zellsaft und seine Inhalte. Abhdlg. d. Naturforschenden Gesellschaft zu Halle, Bd. 15.
1886. Kraus G. Über die Wasserverteilung in der Pflanze, IV. Die Azidität des Zellsaftes. Abh. d. Naturforsch. Ges. zu Halle, Bd. 16, S. 143.
1897. Kraus, G. Über das Verhalten des Kalkoxalats beim Wachstum der Organe. Flora, S. 54.
1886. Lange, P. Beiträge zur Kenntnis der Azidität des Zellsaftes. Inaug.-Diss. Halle.
1875. Mayer, A., VI. Über die Bedeutung der organischen Säuren in den Pflanzen. Landw. Vers.-Stat., Bd. 18, S. 410.
1878. Mayer, A. Über die Sauerstoffausscheidung einiger Crassulaceen. Landw. Vers.-Stat., Bd. 21, S. 277.
1887. Monteverde, N. A. Über den Einfluß des Lichtes auf die Ablagerung des

- oxalsauren Kalkes. Arb. d. Petersb. Naturf. Ges., Bd. 18, S. 46. — Referat Bot. Centrbl., Bd. 38, S. 486.
1889. Monteverde, N. A. Über die Ablagerung von Calcium- und Magnesiumoxalat in der Pflanze. Bot. Centrbl., Bd. 13, S. 327.
1887. Palladin W. Bildung der organischen Säuren in den wachsenden Pflanzenteilen. Ber. d. deutsch. Bot. Ges., Bd. 5, S. 325.
1906. Palladin W. Die Arbeit der Atmungsenzyme der Pflanzen unter verschiedenen Verhältnissen. Ztschr. f. physiol. Chemie, Bd. 47, S. 407.
1879. van der Ploeg. De oxalzure Kalk in de planten. Diss. Leiden.
- 1887/97. Pfeffer, W. Pflanzenphysiologie, I. Bd., 1. u. 2. Aufl.
1893. Purjewicz, K. Die Bildung und Zersetzung der organischen Säuren bei den höheren Pflanzen. Kiew. — Ref. v. W. Rothert, Bot. Centrbl., Bd. 58, S. 368.
1888. Schimper, A. F. W. Über Kalkoxalatbildung in den Laubblättern. Bot. Ztg., Bd. 46, S. 65.
1890. Schimper, A. F. W. Zur Frage der Assimilation der Mineralsalze durch die grüne Pflanze. Flora, S. 207.
1888. Stahl, E. Pflanzen und Schnecken. Jena.
1884. de Vries, H. Über die periodische Säurebildung der Fettpflanzen. Bot. Ztg., Bd. 42, S. 337.
1885. de Vries, H. Über die Periodizität im Säuregehalte der Fettpflanzen. Verslagen en Mededeelingen der K. Akad. van Wetenschappen te Amsterdam, III. reeks, I. deel, S. 58.
1886. Warburg, O. Über die Bedeutung der organischen Säuren für den Lebensprozeß der Pflanzen. Unters. a. d. bot. Inst. Tübingen, Bd. 2, S. 53.
1890. Warlich H. Über Calciumoxalat in den Pflanzen. Diss. Marburg.
1889. Wehmer, C. Das Calciumoxalat der oberirdischen Teile von *Crataegus Oxyacantha* L. im Herbst und Frühjahr. Ber. d. deutsch. bot. Ges., Bd. VII, S. 216.
1891. Wehmer, C. Entstehung und physiologische Bedeutung der Oxalsäure im Stoffwechsel einiger Pilze. Bot. Ztg., Bd. 49, S. 233.
-

Badania nad przemianą materii uwirków. — Untersuchungen über den Stoffwechsel der rhabdocölen Turbellarien.

Mémoire

de M^{lle} **S. JACEK**,

présenté, dans la séance du 9 Octobre 1916, par M. M. Siedlecki m. c.

(Planche 10).

Einleitung.

Durch Untersuchungen von Miecznikow, v. Graff, Lang, Kennel, Saint-Hilaire und anderen Verfassern wurde nachgewiesen, daß bei rhabdocölen Turbellarien zwar größtenteils intrazelluläre Verdauung stattfindet, im einzelnen jedoch der Verdauungsmodus sogar bei verschiedenen Arten einer und derselben Gattung bedeutende Unterschiede aufweisen kann, welche größtenteils durch den Bau des Darmes bedingt werden. Bei den *Acoela*, welche keinen Darmkanal besitzen, fand Lang, daß die Verdauung der Nahrung in dem verdauenden, eine syncytiale Plasmamasse bildenden Parenchym stattfindet. Bei *Dendrocoelum* konnte Saint-Hilaire ausschließlich intrazelluläre Verdauung feststellen. *Mesostomum Ehrenbergii* ist hingegen nach Miecznikow's Untersuchungen imstande, die aufgenommene Nahrung nicht nur intrazellulär, sondern auch extrazellulär zu verdauen. Nach demselben Forscher haben bei *Microstomum lineare* die flimmernden Darmzellen ihre Fähigkeit, Nahrung aufzunehmen, vollständig eingebüßt. In diesem Falle geht der Verdauungsprozeß nur extrazellulär vor sich. Endlich beweisen die Untersuchungen von Lang und von Graff an Polycladen und von Kennel an Landplanarien, daß diese Tiere pharyngeale Drüsen besitzen, welche gewisse verdauende Stoffe absondern.

In Anbetracht dieser so verschiedenen Ergebnisse der bisherigen Forschungen beschloß ich, den Verdauungsmodus an der kleinen, ziemlich durchsichtigen Planarie *Stenostomum* unter Anwendung neuer mikrochemischer Methoden zu untersuchen.

Material und Untersuchungsmethoden.

Die zum Experimentieren bestimmten Tiere aus der Gattung *Stenostomum* züchtete ich in Aquarien, wo sie sich anfangs sehr schnell durch Knospung vermehrten und sich in großen Mengen am Boden und an den von dem Lichte abgewendeten Wänden der Gefäße ansammelten. Nach einiger Zeit (etwa nach 14 Tagen) verminderte sich aber ihre Zahl so sehr, daß kaum einige wenige Exemplare zum Vorschein kamen. Als ich diese Abnahme bemerkte, übertrug ich die Tiere mittels einer Pipette in ein anderes Aquarium, in welchem sie sich wieder vermehrten; in dem ersten Züchtungsglase reinigte ich die Wände von Algen. Nach kurzer Zeit vermehrten sich die Tiere wieder, doch nicht mehr so stark wie vorher und gingen nach einigen Tagen wieder teilweise zugrunde. Diese Erscheinung wiederholte sich noch einigemal; in den aufeinander folgenden Kulturen erschienen die Tiere in immer geringerer Anzahl, endlich verschwanden sie und an ihrer Statt entwickelten sich andere Organismen.

Um zu erfahren, welche Substanzen die Hauptnahrung für *Stenostomum* bilden und ob die Verdauung dieser Nährstoffe in der Darmflüssigkeit oder intrazellulär vor sich geht, untersuchte ich den Darminhalt bei direkt aus den Aquarien herausgenommenen Tieren, oder ich fütterte sie mit verschiedenen Substanzen, nämlich mit Stärke, Fett und Eiweißstoffen. Um die ins Darmlumen oder in die Darmzellen aufgenommenen Nahrungspartikelchen leichter zu unterscheiden, tingierte ich die verwendeten Substanzen mit verschiedenen Farbstoffen. Dann untersuchte ich die Tiere *intra vitam* auf Objektträgern, wozu sie sich ganz gut wegen ihrer Durchsichtigkeit eigneten. Zum Nachweis der chemischen Veränderungen in der aufgenommenen Nahrung unter der Einwirkung der Verdauungssäfte bediente ich mich mikrochemischer Reaktionen.

Die Nahrung reichte ich den Würmern in folgender Weise: Die aus den Aquarien herausgenommenen Tiere wusch ich sorgfältig durch mehrmaliges Überbringen in frisches Leitungswasser ab. Dann brachte ich sie in Uhrgläser mit reinem Wasser und führte ihnen entsprechende Nährstoffe zu. Nach Verlauf einiger Stunden übertrug ich die Versuchstiere auf reine Objektträger und bedeckte sie vorsichtig mit Deckgläsern. Um die Wimperbewegung zu hemmen, entzog ich einen Teil des Wassers mit Löschpapier,

worauf die Tiere unter dem Mikroskop bei einer Vergrößerung von 1:270 oder 1:1170 untersucht wurden. Die auf solche Weise vorbereiteten Tiere konnten nur kurze Zeit, manchmal nur einige Minuten in unversehrtem Zustande beobachtet werden, weil sie infolge der Verdampfung des Wassers und des durch das Deckglas ausgeübten Druckes in einzelne Zellen zerfielen. Diese geringe Widerstandsfähigkeit der Tiere erschwerte alle Untersuchungen in hohem Grade und ließ eine Verfolgung des ganzen Verdauungsprozesses an ein und demselben Exemplare nicht zu. Um Irrtümer, die durch diesen Umstand hervorgerufen werden konnten, auszuschalten, wiederholte ich jedes Experiment mehreremale an einer großen Anzahl von Tieren, die immer in gleichen Bedingungen gezüchtet wurden. Die Ergebnisse meiner Beobachtungen verglich ich mit denjenigen der Kontrollexperimente, in denen die Tiere keine Nahrung erhielten, jedoch in gleicher Menge reinem Wasser und bei derselben Temperatur gezüchtet wurden wie die Versuchstiere.

Nahrungsaufnahme.

Stenostomum erfaßt die Nahrung mit breit geöffneter Mundöffnung; der Pharynx befördert sie hierauf durch einige Kontraktionen schnell in den Darm. Nach den Beobachtungen von Lang und Kennel gibt es Turbellarien, bei welchen verdauende Substanzen im Pharynx ausgeschieden werden, so daß die Verdauung bereits in dem ersten Darmabschnitte beginnt. Lang glaubt, „daß wenigstens bei den mit einem krausenförmigen Pharynx ausgestatteten *Polycladen* die vom Pharynx umstrickte Beute unter Einwirkung des Sekretes der Speicheldrüsen zersetzt und in einen Speisebrei umgewandelt wird, bevor sie in den Hauptdarm und von da auch in die Darmäste befördert wird“. Auch Kennel vermutet, daß die Landplanarien mittels des vom Schlundkopf oder auch vielleicht vom Darm gelieferten Sekretes ihre Beute außerhalb ihres Körpers verdauen.

Bei *Stenostomum* besitzt der Pharynx keine Bedeutung für den Verdauungsprozeß. Ich habe nach der Nahrungsaufnahme in seinem Innern niemals Speisepartikeln gefunden, auch in dem Falle nicht, wenn der Darm mit Nahrung reichlich erfüllt war. Alle fremden Körper, welche bei der Nahrungsaufnahme im Pharynx zurückgeblieben waren, sowie auch die aus dem Darne entfernten unverdauten Nahrungsreste wurden immer durch die Bewegung

des Flimmerepithels und Kontraktionen des Pharynx durch den Mund nach außen entleert.

Die in das Darmlumen aufgenommene Nahrung besteht gewöhnlich aus Rotatorien, Infusorien, Diatomeen, Grünalgen sowie aus pflanzlichem und tierischem Detritus, welcher am Boden oder an den Wänden der Aquarien immer zu finden ist. Die als Nahrung verschluckten Tiere waren oft lebendig; oft wurden aber auch Tierleichen verschluckt. Um festzustellen, wie lange die lebend verschluckten Tiere in der Darmflüssigkeit am Leben bleiben können, übertrug ich *Stenostoma*, in deren Darmlumen ich lebende Rotatorien aus der Gattung *Brachionus* bemerkt hatte, auf einen Objektträger und untersuchte sie nach einer Stunde; *Brachionus* bewegte sich noch nach dieser Zeit in der Darmflüssigkeit. Nach zwei bis drei Stunden entfernten die *Stenostoma* die lebenden und anscheinend unversehrten Rotatorien durch den Mund. Ebenso wie Rotatorien können auch Euglenen, Diatomeen und verschiedene Grünalgen, ohne Schaden zu nehmen, im Darmlumen verweilen.

Diese Beobachtungen beweisen, daß die Darmflüssigkeit bei *Stenostomum* nicht imstande ist, lebende Organismen zu töten. Ich fand zwar auch tote Rotatorien im Darmlumen des Wurmes, glaube aber, daß sie nicht durch die Darmsäfte getötet, sondern vom *Stenostomum* mit anderen Nahrungspartikeln bereits tot aufgenommen worden waren.

Die aufgenommene Nahrung gelangt in den Darm und kreist dort unter dem Einflusse der Flimmerbewegung des zarten, den Darm auskleidenden Epithels und der Kontraktionen des Darmes umher.

Der Darm besitzt keine unterscheidbaren, in ihrer physiologischen Funktion verschiedenen Abschnitte; er hat in seiner ganzen Ausdehnung gleiche Bedeutung für die Verdauung.

Unter den Nahrungspartikeln kann man im Darmlumen bisweilen auch frei schwimmende, kugelige, mit langen, zarten Wimpern versehene Zellen bemerken. Diese stammen zweifellos von dem Darmepithel her. Wenn man nämlich die Körperwand oder den Darm des Wurmes an einer Stelle beschädigt, so lösen sich viele Zellen von der Darmwand ab und diese unterscheiden sich von den im Darmlumen frei schwimmenden Zellen in nichts. Auch Lang bemerkte im Darmlumen bei *Leptoplana tremellaris* von der Darmwand abgelöste, einzelne Zellen oder ganze Zellgruppen,

berührt aber ihre Bedeutung für den Verdauungsprozeß und ihre weiteren Schicksale nicht. Auf Grund meiner Beobachtungen kann ich behaupten, daß diese Zellen keine Rolle in dem Verdauungsprozesse spielen. Ihre Anwesenheit im Darmlumen kann man in folgender Weise erklären.

Nach Miecznikow, Lang, Vogt, Yung und anderen sind die Darmzellen gut genährter Turbellarien amöbenähnlich und treiben protoplasmatische Fortsätze aus. Dasselbe kann man auch bei *Stenostomum* beobachten, wenn der Darm mit Nahrung gefüllt ist. Die Darmzellen sind in dem Grade beweglich, daß sie sehr oft miteinander nur in geringer Ausdehnung, und zwar nur mit ihren basalen Teilen zusammenhängen. Es ist also möglich, daß einige von diesen Zellen bei ihrer großen Beweglichkeit und Veränderlichkeit sich von dem Darmepithel lösen, kugelige Gestalt annehmen und im Darmlumen umherschwimmen. Nach kurzer Zeit gehen sie jedoch zugrunde und ihr Plasma dient anderen Darmepithelzellen als Nahrung. Diese frei schwimmenden Zellen werden niemals mit den unverdauten Nahrungsresten nach außen entleert. Ein Ablösen dieser Zellen dürfte nur unter gewissen speziellen Bedingungen stattfinden, denn auch im Darmlumen gesättigter Tiere findet man sie nicht immer. Niemals sind sie bei hungernden Exemplaren anzutreffen, wenn die Darmepithelzellen klein werden und keine amöboiden Fortsätze bilden.

Lang, Graff, Böhmig, Ijima und andere Autoren beschreiben bei allen Turbellarien mit Ausnahme von Acoelen zwei Arten von Darmepithelzellen, und zwar amöboide Zellen und sog. Körnerkolben. Die Nährzellen besitzen, wie bereits oben erwähnt wurde, die Fähigkeit, amöboide Fortsätze von veränderlicher Größe und Gestalt auszusenden. Diese Zellen dienen zur Aufnahme und Verdauung der Nahrung. Die Körnerkolben, auch Drüsenzellen genannt, enthalten große, homogene Körner und sind zur Nahrungsaufnahme nicht befähigt. Ihre Bedeutung ist zur Zeit noch nicht genügend geklärt.

Bei *Stenostomum* treten diese Drüsenzellen in Form von kolbenähnlichen Gebilden auf, welche mit homogenen, stark lichtbrechenden Körnern so dicht gefüllt sind, daß man in denselben ohne Fixierung und Färbung weder den Zellkern wahrnehmen noch die Plasmastruktur gut beobachten kann. Bei längerem Hungern der Tiere verkleinern sich weder die Dimensionen noch der Inhalt

dieser Körner, sie können also den Vorrat von Nährmaterial nicht vorstellen. Bei Anwendung von verschiedenen Farbstoffen wie Lackmus, Kongorot, Alizarinsulfat, Neutralrot, Methylenblau, Methylorange, Sudan III, Scharlach, Indigokarmin, karminsaurem Natron und karminsaurem Ammonium färben sie sich gar nicht. Auch Fett-, Glykogen- und Eiweißproben haben mir nur negative Resultate gegeben. Es sind auch keine zum Ausstoßen bestimmten Exkretionssubstanzen, da das Tier sie niemals nach außen entleert.

Welche Bedeutung diese Körnerkolben für den Nahrungsprozeß besitzen, darüber gehen die Meinungen auseinander. Ijima und Graff nehmen an, daß diese Zellen Nährstoff enthalten. Nach Kennel, Lang und Böhmig dagegen sondern sie verdauende Fermente ab, da während der Verdauung eine merkliche Abnahme der Zahl der Körner zu bemerken ist.

Im Gegensatz zu den Beobachtungen von Böhmig habe ich in den Drüsenzellen bei *Stenostomum* keine Abnahme der Zahl der Körner während der Verdauung beobachtet; kann also nicht annehmen, daß sie die zur Verdauung nötigen Substanzen enthalten.

Die Nährzellen der den Aquarien frisch entnommenen Tiere enthalten im Plasma viele fremde Körper, wie zum Beispiel kleine Partikeln von pflanzlichem und tierischem Detritus, der langsam der Verdauung unterliegt; dies beweist, daß diese Zellen zur Nahrungsaufnahme geeignet sind. Die Bildung amöboider Fortsätze, wenn der Darm reichlich angefüllt ist, führt zu der Annahme, daß die Nahrungspartikeln vermittels dieser Fortsätze ins Innere der Darmzellen aufgenommen werden, und diese Ansicht stimmt mit den Ergebnissen der Beobachtungen von Miecznikow, Chapeaux und Saint-Hilaire überein.

Der letztgenannte Forscher beobachtete auch, daß die Darmzellen der Turbellarien gewisse Substanzen zwar lieber als andere aufnehmen, daß jedoch in der Regel in diese Zellen alle im Darm lumen befindlichen Substanzen gelangen, wenn nur die einzelnen Partikeln klein genug sind.

Um festzustellen, welche Substanzen von den Darmzellen des *Stenostomum* aufgenommen werden können, führte ich verschiedene Fütterungsversuche aus, und zwar mit Stärke, gekochtem Eiweiß, mit Emulsion von Öl und Paraffin, Karminkörnern und Tusche. Die Tiere nahmen alle diese Substanzen in ihren Darm auf, entfernten jedoch nach einigen Stunden alle Karminkörnchen, Tusche,

Paraffintropfen und Stärke in unverändertem Zustande nach außen. Im Innern der Darmzellen war keine Spur dieser Substanzen zu finden; sehr kleine Fettropfen und Eiweißpartikeln wurden gerne und in großer Menge aufgenommen, hingegen größere auch durch den Mund hinausgeworfen.

Aus diesen Beobachtungen kann man schließen, daß die Darmzellen sich nur zur Aufnahme sehr kleiner Nahrungspartikeln eignen und daß sie eine gewisse Auslese der dargereichten Nahrung durchführen.

Das Aussehen der Darmepithelzellen hängt von der Quantität und Qualität der aufgenommenen Nahrung ab. Wie schon früher von verschiedenen Verfassern beschrieben wurde, schwellen die Zellen bei gesättigten Tieren sehr deutlich an, ihr Protoplasma wird körnig und füllt sich mit Tropfen, welche einen Vorrat von Nährmaterial bilden. Bei solchen Zellen kann man nur selten die zarten Wimpern nachweisen.

Bei längerem Hungern werden die Darmzellen kleiner, ihr Plasma wird blaß und verliert sein körniges Aussehen; dagegen entstehen in ihrem Innern sehr oft große, mit durchsichtiger Flüssigkeit angefüllte Vakuolen.

Saint-Hilaire fand in den Nährzellen bei *Dendrocoelum* verschiedene Körner, Bläschen und Vakuolen, welche jedoch an frischen Präparaten schwer zu unterscheiden sind. An fixierten Präparaten beobachtete er folgende Elemente: 1) Mikrosomen, 2) mit Flüssigkeit erfüllte, schwach oder nicht färbbare Bläschen, 3) vitalfärbbare Bläschen, 4) Nahrungsvakuolen, 5) Bläschen mit kristallinischen Einschlüssen, gewöhnlich nicht färbbar, 6) kleine Fettkörnchen, 7) große, fettähnliche Körnchen, 8) feste Eiweißkörnchen.

In den Darmzellen von *Stenostomum* gelang es mir, mit Hilfe der vitalen Färbung verschiedene Körner, Bläschen und Vakuolen zu unterscheiden, und zwar: 1) sehr kleine, nicht färbbare Körnchen, 2) sehr kleine, alkalisch reagierende Körnchen, 3) sehr kleine, sauer reagierende Körnchen, 4) Nahrungsvakuolen, 5) nicht färbbare Bläschen, 6) Vakuolen mit saurer Flüssigkeit, 7) Bläschen mit kristallinischen Gebilden, welche eine saure Reaktion geben, 8) allerlei größere und kleinere, ein Nährmaterial bildende Tropfen.

Die von St.-Hilaire beschriebenen Fettkörnchen kommen bei *Stenostomum* nicht vor. Nicht alle diese Elemente treten gleichzeitig in einer Zelle auf.

In den Darmzellen der aus den Aquarien herausgenommenen Tiere findet man manchmal eine große Menge von kleinen, grünen Körpern. Wird ein solches Tier in reines Wasser übertragen, so verschwinden diese nach einigen Tagen aus den Zellen und an ihrer Statt bleiben nur kleine, braune Körnchen zurück, welche entweder direkt im Plasma liegen, oder in Vakuolen eingeschlossen sind.

Die grünen Körper in den Darmzellen geben nach Behandlung mit Jodjodkalium keine Zellulosereaktion, es sind also keine in Symbiose lebenden Zooxanthellen oder andere einzellige, pflanzliche Organismen, sondern es handelt sich hier wahrscheinlich um kleine, mit pflanzlichen Nahrungsteilen in den Darm aufgenommene Chlorophyllkörper.

Die chemische Reaktion der Darmflüssigkeit.

Zwecks Untersuchung der chemischen Reaktion der Darmflüssigkeit züchtete ich die Tiere in Uhrgläsern mit verdünnten Lösungen von Kongorot, Lackmus, Alizarin und Methylorange, oder fütterte sie mit verschiedenen, vorerst mit den erwähnten Farbstoffen gefärbten Nährsubstanzen. Nach 24 Stunden untersuchte ich diese Tiere *intra vitam*, konnte aber einen Farbenwechsel nicht bemerken. Die Nahrungspartikeln, zum Beispiel die mit Kongorot gefärbten Stärkekörner wurden ohne Farbenveränderung nach außen entfernt. Diese Beobachtungen weisen auf neutrale Beschaffenheit der Darmflüssigkeit hin.

Der Farbstoff gelangt ins Innere der Darmzellen und tingiert gewisse Körner und Vakuolen.

Bei Anwendung von Neutralrot färben sich im Zellplasma einige Körnchen violettrot, andere hellgelblichrot. Dieser Farbstoff tingiert auch die prismatischen Kristalle in den Bläschen intensiv violettrot, was auf ihre saure Beschaffenheit hinweist. Bei Anwendung von Lackmus färbt sich in den Darmzellen ein Teil der Körnchen rot, die übrigen blau. Mit diesem Farbstoffe nimmt die durchsichtige Flüssigkeit der Bläschen gewöhnlich rote Farbe an, oder aber sie bleibt ungefärbt. Die sich rot färbenden Bläschen enthalten eine saure Flüssigkeit, die möglicherweise zur Verdauung der Nahrung dient und zu diesem Zwecke in den Bläschen aufgespeichert wird, da man solchen Bläschen in den Zellen nur dann begegnet, wenn sich im Plasma keine unverdauten Nahrungsparti-

keln befinden. Sobald die Zelle jedoch Nahrung aufgenommen hat, verschwinden die sauer reagierenden Bläschen und an ihrer Statt entstehen wahrscheinlich die Nahrungsvakuolen.

Die Reaktion der Flüssigkeit in den Nahrungsvakuolen ist veränderlich: schwach sauer, neutral oder alkalisch.

Eine ähnliche Veränderung der Reaktion in den Nahrungsvakuolen im Laufe der Verdauung wurde von vielen Verfassern bei Protozoen beobachtet. So geht nach den Beobachtungen von Greenwood und Saunders die saure Reaktion der Verdauung zeitlich voraus und nimmt ab, sobald die Verdauung einsetzt. Im Laufe der Verdauung kommt es meist zu einer alkalischen Reaktion. Čelakovsky fand bei einem und demselben Plasmodium Verdauungsvakuolen, welche teils sauer, teils neutral reagierten. Auch Nirenstein konstatierte bei den von ihm untersuchten Paramaecien im ersten Stadium der Verdauung die Anwesenheit einer Mineralsäure, im weiteren Laufe diejenige einer Base.

Bei *Stenostomum* verändert sich die Reaktion der Vakuolenflüssigkeit, wie schon oben erwähnt wurde, in ähnlicher Weise wie bei den Protozoen. Die Anwesenheit von verschiedenen reagierenden Körnern und Vakuolen beweist, daß sich im Zellplasma ähnlich wie bei den Protozoen zur selbständigen Tätigkeit befähigte Bestandteile befinden. Diese haben also für den Verdauungsprozeß die Bedeutung von zwar nicht scharf abgesonderten, aber doch ziemlich selbständig wirkenden Organen. Während der intrazellulären Verdauung bei *Stenostomum* wirken die Zellen nicht als Ganzes; die Verdauung geht in einzelnen Vakuolen vor sich und ist von dem Zustande der übrigen Zellbestandteile unabhängig.

Außer Körnern und Vakuolen in den Darmzellen färben sich bei Anwendung von Neutralrot sehr stark violettrot auch die zahlreichen, in den Hautzellen befindlichen Rhabditen. Beschädigt man ein auf solche Weise gefärbtes Tier an einem Ende, so fängt sein Körper an, in einzelne Zellen zu zerfallen. Die einen von diesen Zellen gehen sogleich zugrunde, während die anderen noch kurze Zeit selbständig weiter leben. Die zerfallenen Teile des Körpers verändern ihre violette Farbe in Hellgelbrot. Dieser Farbumschlag schreitet mit dem Zerfalle des Körpers immer weiter fort. Vielleicht wird dieser Wechsel der Farbe durch Auflösung der Rhabditen in dem umgebenden, alkalisch reagierenden Medium bedingt.

Stärkeverdauung.

Im Darmlumen des *Stenostomum* begegnet man gewöhnlich Diatomeen, Algen und allerlei pflanzlichem Detritus. Da diese Nahrung gewöhnlich eine gewisse Menge von Stärke enthält, wollte ich erfahren, ob in den Darmzellen Stärke tatsächlich verdaut wird. Zu diesem Zwecke fütterte ich die Tiere mit Reis-, Weizen- und Kartoffelmehl, welches entweder rein war oder mit Kongorot, Alizarin und Methylorange gefärbt wurde. Diese Fütterungsversuche wurden in folgender Weise gemacht.

Versuch vom 14. VI. 1915.

12 Tiere übertrug ich in ein Uhrglas mit Wasser, in welches ich vorher eine kleine Menge von Kartoffelmehl eingeschüttet hatte.

15. VI. 1915. Nach 24 Stunden untersuchte ich diese Tiere auf Objektträgern mit Hilfe eines Mikroskops. Das Darmlumen war reichlich mit Stärkekörnern angefüllt, welche sich nach Behandlung mit Jodjodkalium blau färbten und keine Korrosionsspalten aufwiesen. In den Darmepithelzellen konnte ich keine Spur von Stärke nachweisen. Auch im Pharynx waren keine Stärkekörner zu finden. Einen Teil der Würmer übertrug ich nach sorgfältigem Abwaschen in ein anderes Uhrglas mit reinem Wasser, um zu sehen, was mit den im Darmlumen befindlichen Stärkekörnern geschehen wird. Nach Verlauf von zwei Stunden untersuchte ich die Tiere wieder. Es gelang mir dabei, ein Exemplar in dem Momente zu beobachten, in welchem es aus dem Darmkanal den ganzen Inhalt nach außen entfernte. Die herausgeworfenen Stärkekörner unterschieden sich von normalen in nichts.

16. VI. 1915. Alle Versuchstiere haben Stärke herausgeworfen. Ihr Darmlumen ist nur mit durchsichtiger Flüssigkeit erfüllt.

Denselben Versuch wiederholte ich mehrmals und machte hierbei immer die gleiche Wahrnehmung.

Aus diesen Versuchen geht klar hervor, daß die Darmflüssigkeit nicht imstande ist, Stärke zu verdauen.

Ganze Stärkekörner können aber schon wegen ihrer Größe von den Darmzellen nicht aufgenommen werden; um nun die Aufnahme dieses Nährstoffes in die Darmzellen zu ermöglichen, zerrieb ich Stärkekörner in einem Achatmörser zu einem so feinen Pulver, daß die Stäubchengröße kein Hindernis mehr in dieser Hinsicht bilden konnte, und verwendete es zu dem folgenden Versuche.

Versuch vom 28. VII. 1915.

Nachdem die Würmer mit zerkleinerten Stärkekörnern gefüttert worden waren, untersuchte ich sie mit Hilfe von Immersionslinsen auf Objektträgern nach Verlauf einer Stunde. Im Darmlumen befand sich noch keine einzige Stärkepartikel.

Nach drei Stunden bemerkte ich schon im Darmlumen die verschluckte Nahrung, in den Darmzellen konnte aber durch Jodreaktion keine Spur von Stärke nachgewiesen werden.

29. VII. 1915. Die Versuchstiere enthalten zwar im Darmlumen Stärkepartikeln, aber die Darmzellen bilden keine protoplasmatischen Fortsätze so, wie sie es beim Vorhandensein anderer Nahrung im Darm tun. Die Stärkepartikeln werden also durch die Darmzellen nicht aufgenommen.

30. VII. 1915. Derselbe Zustand, wie am vorigen Tag.

2. VIII. 1915. Die Tiere nehmen an Größe ab, wie bei längerem Hungern, und gehen zugrunde.

Mehrmals in ähnlicher Weise wiederholte Versuche führten zu demselben Endergebnis.

Alle diese Beobachtungen beweisen genügend, daß *Stenostomum* Stärke nicht verdaut. Meine Untersuchungen ergänzen und bestätigen die Ergebnisse der Beobachtungen von St. Hilaire und anderen Forschern, welche keine Amylasen im Darne der größeren Turbellarien-Arten gefunden haben.

Fettverdauung.

Zum Nachweis der Fettsubstanzen *intra vitam* im Körper von *Stenostomum* bediente ich mich des Sudan III. Diesen Farbstoff schüttete ich ins Kulturwasser. Die nach einem Tage untersuchten Tiere hatten bereits kleine Partikeln des Farbstoffes in die Darmzellen aufgenommen und enthielten sie zumeist direkt im Plasma. Nur ausnahmsweise erschienen einige Bläschen schwach hellrot tingiert, sonst fand ich keine Zellbestandteile, in denen sich der Farbstoff gelöst hätte. Bei Anwendung von alkoholischer Sudanlösung färben sich in der Gegend der Nervenganglien einige kleine Körnchen. In den Darmzellen befindet sich keine Spur von Fett, und zwar auch in gut genährten Tieren nicht. Diese Beobachtungen beweisen, daß in dem Körper von *Stenostomum* das Fett nur in geringen Mengen vorkommt. Im Gegensatz zu meinen Beobachtungen fand St.-Hilaire in den Darmzellen bei *Dendroco-*

lum Fetttropfen, welche einen Vorrat von Nährmaterial bilden und beim Hungern verbraucht werden.

Bei Fütterungsversuchen mit Fett bediente ich mich mit Sudan III oder mit Scharlach tingierter Emulsionen von Öl und Butter. Um eine stärkere Färbung des Öls zu erhalten, löste ich darin Sudan heiß auf und bereitete die Emulsion erst nach der Abkühlung.

Versuch vom 17. VII. 1915.

Zu dem Kulturwasser fügte ich mit Sudan III gefärbte Öl-emulsion hinzu.

18. VII. 1915. Nach Verlauf von 24 Stunden untersuchte ich die Tiere bei sehr starker Vergrößerung und fand in ihren Darmzellen so viele Fetttropfen, daß der ganze Darm rot gefärbt erschien (Fig. 2, *a, f*). Die Fetttropfen lagen vorwiegend direkt im Plasma und nur einige von ihnen waren in Vakuolen eingeschlossen (Fig. 2, *a, v*). Nach sorgfältigem Abwaschen übertrag ich die Versuchstiere in ein Uhrglas mit reinem Wasser, um das Schicksal der aufgenommenen Fetttropfen zu verfolgen.

19. VII. 1915. Mit Hilfe von Immersionslinsen untersuchte Tiere enthielten im Zellplasma, wie am vorigen Tage, Fetttropfen, man konnte aber schon einen Unterschied in der Intensität der Färbung derselben wahrnehmen. Die Fetttropfen in den Vakuolen waren kleiner geworden und hatten ihre rote Färbung verloren.

20. VII. 1915. Die Fetttropfen in den Darmzellen erscheinen bereits farblos. Nach Behandlung mit Sudanlösung färben sie sich wieder intensiv rot. Die Fetttropfen in den Vakuolen sind kleiner geworden.

23. VII. 1915. Die entfärbten Fetttropfen im Plasma haben keine Veränderungen erlitten. In kleinen Vakuolen befinden sich neben den Fettröpfchen nur unregelmäßige rote Körnchen (Fig. 2, *c, v*). Einige Vakuolen haben an Größe bedeutend zugenommen, und in ihrer Flüssigkeit konnte man schöne, sternförmige, intensiv rot gefärbte Kristalle wahrnehmen (Fig. 2, *d, v*).

24. VII. 1915. Die Versuchstiere nehmen an Größe ab und gehen zugrunde, obwohl sie im Zellplasma noch unverdautes Fett enthalten.

Anstatt Öl und Butter verwendete ich zur Fütterung der Tiere auch Emulsion von flüssigem Paraffin. Die Tiere verschluckten nur einige wenige Paraffintropfen, um sie nach einigen Stunden auszusecheiden.

Die Entfärbung von Sudan in den Fetttropfen hat bereits Staniewicz bei Infusorien beschrieben. Aus seinen Beobachtungen geht klar hervor, daß Infusorien Fetttropfen gern aufnehmen und entfärben, aber nicht verdauen. Die Entfärbung geht schneller in Vakuolen als im Endoplasma vor sich. Nach diesem Verfasser bildet die Entfärbung von Sudan keinen Beweis für Fettverdauung, denn dieser Farbstoff reduziert sich sehr leicht und geht dabei in eine farblose chemische Verbindung über. Auch Eisenberg hat bei Bakterien die Reduktion dieses Farbstoffes bemerkt. Es ist also wahrscheinlich, daß ähnlich wie in den eben angeführten Untersuchungen die Entfärbung der Fetttropfen in den Darmzellen bei *Stenostomum* als ein Resultat von Reduktionsprozessen zu deuten ist.

Die Entfärbung geht gleichzeitig in Vakuolen und im Plasma vor sich; während aber die im Plasma liegenden Fetttropfen nach der Entfärbung keine Veränderungen erleiden, werden die Fetttropfen in den Vakuolen verdaut. Als Endprodukte der Fettspaltung bleiben in den Vakuolen kleine, kristallinische, rot gefärbte Gebilde zurück (Fig. 2). Diese Kristalle erreichen manchmal in den größeren Vakuolen bedeutende Größe und bilden sternartige, aus zarten Nadeln bestehende Gruppen. Sie sind den Fettsäurekristallen ähnlich. Es unterliegt also keinem Zweifel, daß Fette in den Vakuolen zuerst entfärbt und hierauf verdaut werden. Da die als Zerfallsprodukte zurückbleibenden Kristalle rotgefärbt sind, so ist es sehr wahrscheinlich, daß nach der Fettverdauung der Farbstoff wieder oxydiert wird. Daraus, daß, wie bereits gesagt wurde, die Darmzellen nur die nicht sehr zahlreichen, in den Vakuolen befindlichen Fetttropfen verdauen, die ganze Masse von Fetttropfen im Zellplasma dagegen unverändert bleibt, folgt, daß bei *Stenostomum* die Verdauung der Fettsubstanzen sehr langsam und nur bei geringen Mengen vonstatten geht.

Auch St.-Hilaire bemerkte bei *Dendrocoelum*, daß die in Bläschen liegenden Fetttropfen sehr schnell verdaut werden, dagegen die Verdauung im Zellplasma sehr langsam vor sich geht. Die Fetttropfen bei *Dendrocoelum* werden in den Darmzellen gespalten, und aus den Spaltungsprodukten entstehen synthetisch neue Fetttropfen, welche als Vorratsmaterial im Zellplasma liegen bleiben.

Bei *Stenostomum* geht der Fettverdauungsprozeß anders vor sich. Die aufgenommenen Fetttropfen verschmelzen nicht, wie bei *Dendrocoelum*, mit den schon in den Darmzellen vorhandenen Elementen,

sondern werden in abgesonderten Vakuolen gespalten. Ich konnte die Entstehung von Fett aus den Spaltungsprodukten, z. B. aus den Fettsäurekristallen, nicht wahrnehmen, bin also der Meinung, daß *Stenostomum* aus den Spaltungsprodukten sein eigenes Fett nicht auf dem Wege der Synthese bildet.

Stoppenbrink bemerkte, daß die durch die Darmzellen aufgenommenen Fetttropfen im Zellplasma zerfallen und als außerordentlich kleine Tröpfchen in die Hautzellen gelangen. Bei *Stenostomum* konnte ich einen solchen Übergang der zerkleinerten, aber unverdauten Fetttropfen aus den Darmzellen in andere Körperteile nicht konstatieren.

Eiweißverdauung.

Den größten Teil der vom *Stenostomum* aufgenommenen Nahrungspartikeln bildet ohne Zweifel das tierische und pflanzliche Plasma, welches vorwiegend aus Eiweißstoffen besteht.

Zum Nachweis der Eiweißverdauung in den Darmzellen bei *Stenostomum* fütterte ich diese Würmer mit gekochtem und gut zerriebenen Hühnereiweiß, welches entweder gefärbt oder auch ungefärbt gereicht wurde. Die Färbung mit Alizarin, Kongorot und Methylorange erleichterte mir die Erkennung der aufgenommenen Eiweißpartikeln in den Darmzellen; gleichzeitig wies der Farbenwechsel auf die chemische Reaktion hin, bei welcher der Verdauungsprozeß verlief.

Der Verlauf der Eiweißverdauung wird aus folgenden, hier beispielshalber angeführten Versuchen ersichtlich:

Versuch vom 13. X. 1915.

Als Futter reichte ich den Versuchstieren gekochte und sehr zerkleinerte, mit Alizarinsulfat violettrot gefärbte Eiweißpartikeln.

Zur Kontrolle übertrug ich einige Tiere in ein anderes Uhrglas mit sehr verdünnter Alizarinlösung, um die färbbaren Plasmabestandteile von den aufgenommenen Eiweißpartikeln in diesem Versuche unterscheiden zu können.

14. X. 1915. In den Darmzellen befinden sich schon aufgenommene, violettrote Eiweißteilchen. Diese Tiere wurden in ein anderes Uhrglas mit reinem Wasser übertragen.

Bei den Kontrolltieren erscheinen in den Darmzellen einige wenige kleine Körnchen tingiert. Auch diese Tiere wurden in reines Wasser übertragen.

15. X. 1915. Rings um die aufgenommenen Eiweißpartikeln haben sich kleine, mit violettrot gefärbter Flüssigkeit erfüllte Vakuolen gebildet. Im Zellplasma kommen kleine, stärker lichtbrechende, ungefärbte Tropfen zum Vorschein.

Die Kontrolltiere haben an Größe abgenommen. Das Protoplasma der Darmzellen verliert sein körniges Aussehen, wie gewöhnlich beim Hungern.

16. X. 1915. In einigen Darmzellen befinden sich noch Vakuolen mit kleinen, unregelmäßigen, violettrot gefärbten Körnchen. Die übrigen Darmzellen enthalten bereits keine Vakuolen mehr, ihr Plasma ist dagegen reichlich mit kleinen, stärker lichtbrechenden Tröpfchen angefüllt. Bei Anwendung von Sudanlösung färben sich diese neuentstandenen, kleinen Tropfen intensiv rot (Fig. 1). Sie lösen sich in Xylol, Chloroform und Alkoholäther auf. Durch Osmiumsäure werden sie schwarz gefärbt. Im Darmlumen schwimmen die aus den Nahrungsvakuolen ausgeschiedenen und unverdauten Nahrungsreste.

Die übrigen Versuchstiere übertrag ich wieder in reines Wasser, um sie nach 24 Stunden weiter zu untersuchen.

Die zur Kontrolle bestimmten Tiere gehen unter Hungererscheinungen zugrunde.

18. X. 1915. Kleine Tropfen, welche sich nach der Verdauung der Eiweißstoffe in den Darmzellen gebildet haben, gelangen jetzt in die Hautzellen. Es sind zweifellos Tropfen derjenigen Substanz, welche ich früher in den Darmzellen gesehen habe, weil sie das selbe Aussehen besitzen, durch Sudan gefärbt werden und sich auch in Xylol, Äther und Chloroform auflösen.

20. X. 1915. Die Tropfen sind aus den Hautzellen verschwunden. Die Darmzellen sind kleiner geworden, wie bei hungernden Tieren.

Dieselben Ergebnisse erhielt ich auch bei Anwendung von fein zerriebenen Hefezellen, wie aus folgendem Versuche zu ersehen ist.

Versuch vom 29. X. 1915.

Einige Tiere übertrag ich in ein Uhrglas mit reinem Wasser und fütterte sie mit Hefezellen.

31. X. 1915. Im Darmlumen kann man lebende Hefezellen wahrnehmen, während sie in den Darmzellen fehlen. Bei Anwendung von alkoholischer Sudanlösung konnte keine Spur von Fettsubstanzen nachgewiesen werden.

Die Darmzellen sind nicht imstande, die Hefezellen wegen ihrer Größe aufzunehmen, zur Fütterung der Würmer eigneten sich also nur sehr gut zerriebene Hefezellen.

Versuch vom 1. XI. 1915.

Einige Tiere übertrug ich in ein Uhrglas mit Wasser, in welchem sich gut zerriebene Hefezellen befanden.

3. XI. 1915. In den Darmzellen der Versuchstiere sind bereits große Tröpfchen zu sehen, welche bei Anwendung von alkoholischer Sudanlösung rote Farbe annehmen. Einen Teil der Versuchstiere übertrug ich in reines Wasser.

5. XI. 1915. Die Tropfen sind aus den Darmzellen verschwunden. Die Tiere färben sich mit Sudanlösung nicht mehr.

Untersuchungen an Tieren, denen mit Alizarin gefärbtes Eiweiß als Nahrung verabreicht wurde, beweisen, daß die Eiweißverdauung in der Vakuolenflüssigkeit in alkalisch reagierendem Medium vor sich geht. Der Verdauungsprozeß verläuft in diesem Falle in ähnlicher Weise wie bei Protozoen. Bei Anwendung mit Kongorot gefärbten Hühnereiweißes kann man in den Darmzellen verschieden gefärbte Partikeln unterscheiden. Die einen von ihnen sind gelbrot, die anderen rot mit einem Stich ins Violette. Diese Farbenveränderung weist auf die Gegenwart einer schwachen Säure hin, welche vor Beginn der Verdauung in die Vakuolenflüssigkeit ausgeschieden wird. Auf Grund dieser Reaktionen vermute ich, daß die eiweißverdauenden Enzyme bei *Stenostomum* dem Trypsin ähnlich sein können, weil sie in neutralem, alkalischem oder aber auch in schwach saurem Medium ihre Wirkung entfalten können.

Die durch Darmzellen aufgenommenen Eiweißpartikeln lösen sich in den Nahrungsvakuolen auf. Diese Vakuolen werden dann kleiner, und gleichzeitig entstehen im Zellplasma kleine Tropfen, welche ähnliche Reaktionen aufweisen wie echte Fettsubstanzen. Die nach der Eiweißverdauung in den Darmzellen entstehende Substanz gelangt in andere Körperzellen und verschwindet nachher in kurzer Zeit.

Obwohl die Frage nach der Entstehung von Fett aus den Produkten der Eiweißverdauung noch nicht entschieden ist, kann ich auf Grund meiner Beobachtungen doch annehmen, daß sich in den Darmzellen bei *Stenostomum* Fett aus den Zerfallsprodukten der Eiweißstoffe synthetisch bildet.

Ähnliche Beobachtungen wurden bereits früher von anderen

Forschern an verschiedenen Tieren gemacht. So wies Nirenstein eine Zunahme von Fettsubstanzen bei Infusorien nach Fütterung mit Hühnereiweiß nach. Auch Chaveau, Gautier und Kaufmann beweisen, daß sich aus Eiweißstoffen Kohlehydrate wie Zucker und Glykogen bilden, aus welchen erst Fette entstehen können. Bei *Stenostomum* werden die Fettsubstanzen in den Vakuolen sehr langsam verdaut, dagegen wird das synthetisch gebildete Fett sehr schnell verbraucht.

Aus dem Gesagten geht klar hervor, daß *Stenostomum* nur diejenigen Fettsubstanzen zu verbrauchen vermag, welche in seinem eigenen Organismus gebildet worden sind. Das synthetisch entstandene Fett sammelt sich zuerst in den Darmzellen an, dann aber werden die Fetttropfen an die Hautzellen weiter befördert und dort verbraucht. Einen solchen Übergang der synthetisch gebildeten Fetttropfen aus den Darmzellen in andere Körperteile hat auch Simm bei *Chaetogaster* beschrieben.

Manche frisch aus Aquarien entnommene Tiere enthalten in den in diesem Falle stark vergrößerten Darmzellen große Tropfen (Fig. 3, t.), welche wahrscheinlich einen Vorrat von Nährmaterial bilden, da sie sich während des Hungers verändern, kleiner werden und endlich verschwinden; erst nachher nimmt auch das Tier an Größe ab und geht zugrunde.

Versuch vom 14. XI. 1915.

Aus dem Aquarium wurden mehrere Tiere mit großen Vorrats-tropfen zur mikrochemischen Untersuchung entnommen. Bei Tieren mit großen Tropfen in den Darmzellen konnten mit alkoholischer Sudanlösung nur unbedeutende Spuren von Fettsubstanzen nachgewiesen werden; die Vorrats-tropfen blieben ungefärbt. Diese nahmen unter der Einwirkung von Jodjodkalium eine mahagonibraune, für Glykogen charakteristische Färbung an. Um zu erfahren, was mit diesen Tropfen in den Darmzellen beim Hungern geschieht, übertrug ich einige Tiere in ein Uhrglas mit reinem Wasser.

16. XI. 1915. Mit Hilfe von Immersionslinsen untersuchte Tiere enthalten in den Darmzellen große Tropfen, welche sich anscheinend voneinander nicht unterscheiden; unter der Einwirkung von Jodjodkalium nehmen jedoch die einen von ihnen eine mahagonibraune Färbung an, andere werden dagegen nur schwächer gefärbt oder bleiben ungefärbt. Nach Behandlung mit Sudanlösung kommen in den Darmzellen einige wenige rote Fetttropfen zum Vorschein.

17. XI. 1915. Derselbe Zustand wie am vorigen Tage.

19. XI. 1915. Die Versuchstiere haben an Größe abgenommen. In den Darmzellen kann man eine Abnahme von Tropfen bemerken. Die vorhandenen färben sich unter Einwirkung von Jodjodkalium gar nicht. Bei Anwendung von Sudanlösung nehmen sie rote Färbung an; sie lösen sich in Xylol und Chloroform.

20. XI. 1915. Die Tiere sind noch kleiner geworden und die Tropfen aus den Darmzellen verschwunden.

Aus der angeführten Untersuchung kann man schließen, daß in den Darmzellen von *Stenostomum* Vorratsmaterial abgelagert wird, welches beim Hungern unmittelbar vor dem Verbräuche in Fettsubstanzen übergeht. Es tritt in den Darmzellen als eine Substanz auf, welche anfangs unter Jodeinwirkung eine für Glykogen charakteristische, mahagonibraune Färbung annimmt, nach 1—2 Tagen jedoch einer Veränderung unterliegt und wie Fett reagiert. Es ist also wahrscheinlich, daß sich der Vorrat von Nährmaterial in den Darmzellen als Glykogen ansammelt und unmittelbar vor dem Verbräuche in Zucker und endlich in Fett übergeht.

Pepton.

Fütterungsversuche mit Peptonlösungen haben mir keine Resultate gegeben; in Kulturen mit dieser Substanz gingen die Tiere zugrunde, sie wirkt also, in größerer Menge angewendet, auf dieselben offenbar giftig ein.

Exkretion.

Die Darmzellen bei *Stenostomum* besitzen auch die Fähigkeit, gewisse Substanzen ins Darmlumen auszusecheiden, was umso merkwürdiger erscheint, als die Tiere einen besonderen Exkretionsapparat besitzen. Der Inhalt des Darmes wird durch Kontraktionen des Darmes und Pharynx auf dem Wege durch die Mundöffnung mit großer Kraft nach außen geschleudert. Der Entleerungsprozeß wurde bei Turbellarien von Lang, Barden und Pearl beschrieben.

Die Exkretionssubstanzen bestehen teils aus unverdauten Nahrungsresten, teils aus festen Stoffwechselprodukten; die flüssigen Zersetzungsprodukte werden hauptsächlich durch den Exkretionsapparat entleert.

Die Lösung von Indigokarmin färbt in den Darmzellen kleine,

teils im Zellplasma, teils in Vakuolen liegende Exkretionskörner. Bei Anwendung von karminsaurem Natron und karminsaurem Ammoniak findet keine Färbung statt. Dies weist auf saure Beschaffenheit der Exkretionskörner hin.

Zum Nachweis von Harnsäure habe ich die Murexidprobe gemacht. Auf einem Objektträger sammelte ich in einem kleinen Wassertropfen mehrere Tiere, fügte Salpetersäure hinzu und wärmte die Flüssigkeit leicht an, um sie verdunsten zu lassen. Nach Zusatz von Ammoniak kam indessen die rote Färbung, welche auf Anwesenheit der Harnsäuren hinweisen würde, nicht zum Vorschein.

Aus meinen hier vorgeführten Untersuchungen geht hervor, daß der Verdauungsprozeß bei *Stenostomum* nur intrazellulär vor sich geht. Die Darmflüssigkeit reagiert neutral und ruft keine chemischen Veränderungen in der verschluckten Nahrung hervor; sie ist auch nicht imstande, lebende Organismen zu töten; es ist also wahrscheinlich, daß sie keine verdauenden Fermente enthält. Nur die Darmzellen sind zur Aufnahme und Verdauung gewisser Substanzen befähigt.

Manchmal findet man im Darmlumen tote Rotatorien. Ich habe in solchen Fällen bemerkt, daß die Darmzellen, die sich dabei sehr vergrößern, mittels protoplasmatischer Fortsätze unter den Panzer der Rotatorien eindringen. Ihr Plasma wird reichlich mit Speiseteilchen angefüllt. Es ist also möglich, daß in diesem Falle die Verdauung in ähnlicher Weise vor sich geht, wie es Krukenberg und Mesnil bei Actinien beschrieben haben. Diese Forscher haben bemerkt, daß bei Actinien die Mesenterialfilamente an der Berührungsstelle mit fremden Körpern eine verdauende Substanz ausscheiden, welche die verschluckte Nahrung zerkleinert. Die auf diese Weise vorbereitete Nahrung wird in die Darmzellen aufgenommen und intrazellulär verdaut.

Stenostomum ernährt sich hauptsächlich von Eiweißstoffen und Fetten. es besitzt also, wie fast alle Turbellarien, den Charakter eines Fleischfressers und Raubtieres. Zwar sind die Darmzellen nur zur Aufnahme sehr kleiner Partikeln geeignet, aber sie verschlucken davon so viel, daß ihr Plasma ganz mit Nahrungsteilchen angefüllt wird. Trotz dieser Gefräßigkeit geht die Veränderung der Nahrung sehr langsam vor sich, diese wird erst nach Verlauf ei-

niger Tage verdaut. Die Assimilationsprodukte werden teils verbraucht, teils in den Körperzellen in Form von Körnern und Tropfen aufgespeichert. Beim Hungern verbraucht das Tier den abgelagerten Vorrat von Nährmaterial, und das Zellplasma verliert infolgedessen sein körniges Aussehen. Man muß dabei beachten, daß das Vorratsmaterial in den Darmzellen niemals als Fett auftritt. Wenn sich jedoch Fett bildet, so wird es, wie schon oben gesagt wurde, sogleich verbraucht. Andere Vorratssubstanzen können auch während des Hungerns in Fett übergehen.

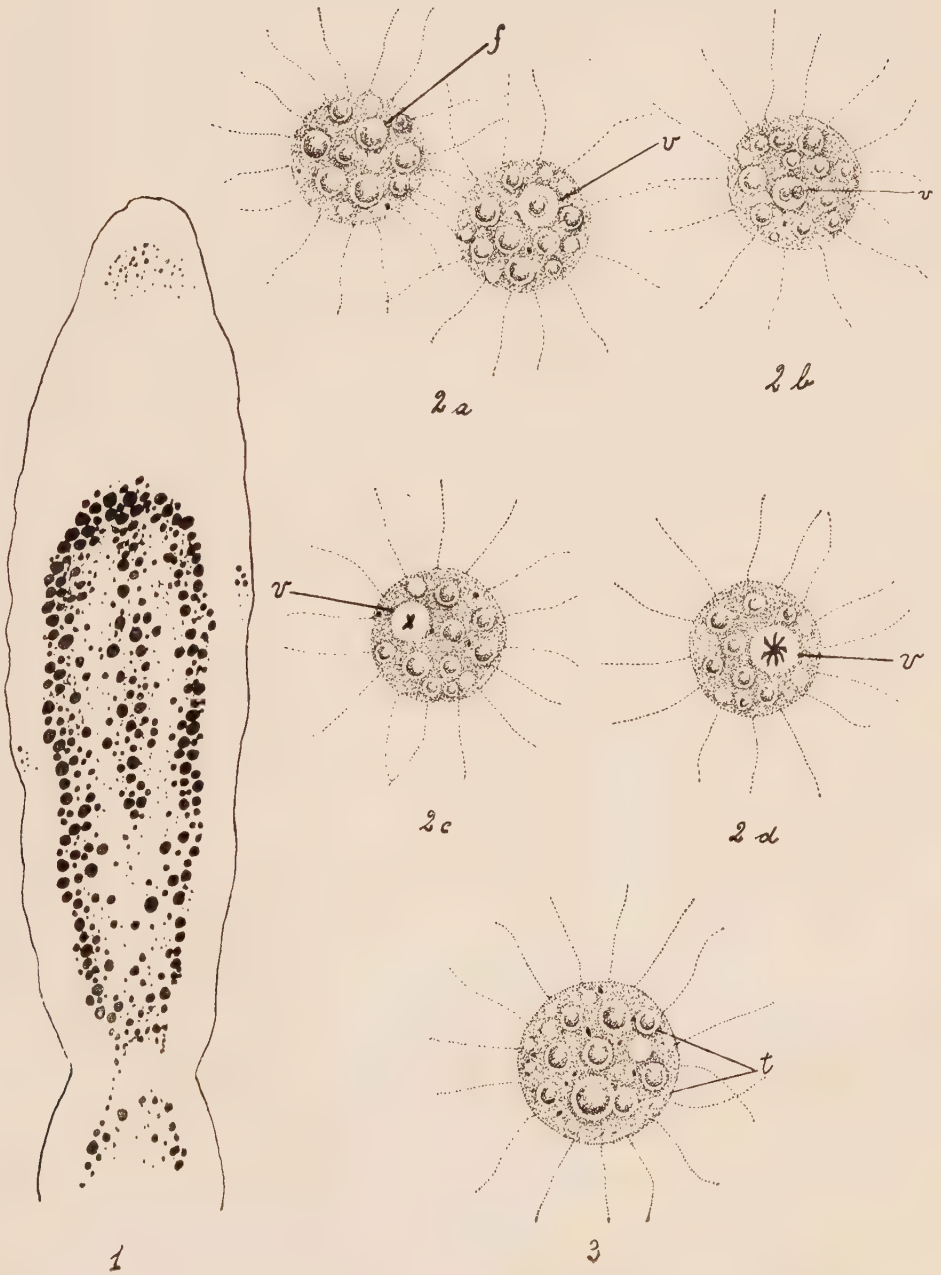
Im Zellplasma der Darmzellen begegnet man oft großen Tropfen, welche bei Einwirkung von Jodjodkalium eine mahagonibraune Farbe annehmen. Diese Färbung weist auf die Gegenwart von Glykogen hin im Gegensatz zu den Beobachtungen von Saint-Hilaire, der bei *Dendrocoelum* mit Hilfe von Jodreaktion Glykogen nachweisen wollte, aber negative Resultate bekommen hat.

Die vorliegende Arbeit wurde im Zoologischen Institute der Jagellonischen Universität zu Krakau auf Anregung des Leiters der Anstalt, des Herrn Prof. Dr. M. Siedlecki, ausgeführt. Ich fühle mich verpflichtet, Ihm an dieser Stelle für Seine Hilfe während meiner Arbeit meinen besten Dank auszusprechen.

Literaturverzeichnis.

1. Biedermann: Die Aufnahme, Verbreitung und Assimilation der Nahrung. Handb. d. vergl. Physiologie. Bd. II, II, Hälfte, Coelenteraten, Vermes.
2. Fürt: Vergleichende chemische Physiologie der niederen Tiere. Die Ernährung.
3. v. Graff in Bronn's „Klassen und Ordnungen des Tier-Reiches“. Band IV, Vermes.
5. Krukenberg: Vergleichend-physiologische Studien.
6. Mesnil: Recherches sur la digestion intracellulaire et les diastases des Actinies. (Ann. de l'Inst. Pasteur 1901).
7. Mesnil und Mouton: Sur une diastase protéolytique extraite des infusoires ciliés. C. R. Soc. Biol., T. LV, 1903.
8. Przesmycki: Über vitale Färbung des Kernes und des Protoplasmas. Biol. Zentralbl., Bd. 17.
9. Saint-Hilaire: Untersuchungen über den Stoffwechsel in der Zelle und in den Geweben. I. Teil. Trav. de la Soc. Imp. de Nat. de St. Pétersbourg, T. 33, Fasc. 2.
10. Saint-Hilaire: Beobachtungen über die intrazelluläre Verdauung in den Darmzellen der Planarien. Ztschr. f. allg. Phys., Bd. XI, 1910.

2





11. Simm: Verdauungsvorgänge bei reifen und knospenden Würmern aus der Gattung *Chaetogaster*. Bull. de l'Acad. des Sc. de Cracovie, 1913.
12. Staniewicz: Études expérimentales sur la digestion de la graisse dans les Infusoires ciliés. Bull. de l'Ac. des Sc. de Cracovie, 1910.

Erklärung der Tafel.

Fig. 1. *Stenostomum* (sp. ?) nach Fütterung mit Hühnereiweiß; die schwarzen Punkte und Flecken stellen das Fett vor. Vergr. 1:270.

Fig. 2. (a—d). Von der Darmwand abgelöste Epithelzellen nach Fütterung mit Öl, welches mit Sudan III tingiert wurde. Vergr. ca. 1:1170.

a) *f*: Fetttropfen; *v*: Vakuole mit Fetttropfen.

b) *v*: Vakuole mit zwei Fetttropfen.

c) *v*: Vakuole mit kleinen, nach Fettverdauung zurückgebliebenen Körnchen.

d) *v*: Vakuole mit einer großen, sternartigen Kristallgruppe; daneben im Plasma unveränderte Fetttropfen.

Fig. 3. *t*: Tropfen von Substanz, welche bei Einwirkung von Jod die für Glykogen charakteristische Farbe annimmt. Vergr. ca. 1:1170.

Skorupiaki jezior tatrzańskich. Zarys fizyograficzno-faunistyczny. — Die Crustaceen der Tatrseen. Eine physiographisch-faunistische Skizze.

Mémoire

de M. ST. MINKIEWICZ,

présenté, dans la séance du 9 Octobre 1916, par M. M. Siedlecki m. c.

(Planche 11).

Von den etwa 120 in der Tatra befindlichen Seen und Tümpeln liegen ca. 80 südlich, und ca. 40 nördlich von dem Hauptkamme. Zu den letzteren gehören die größten und tiefsten Seen¹⁾, dagegen ist die Südseite an hoch gelegenen Seen bei weitem reicher als die nördliche; in jener befinden sich oberhalb der Höhenlinie von 2000 m mehr als 20, in dieser nur 3 Seen; am höchsten liegen: auf der Südseite das Blaue Seechen unter dem Kleinsattelpaß (ca. 2180 m) und der Große Wahlenberg-See (2167 m), auf der Nordseite der Gefrorene See unter dem Polnischen Kamm (2047 m).

Unsere Kenntnis der Temperaturverhältnisse der Tatrseen beruht mit wenigen Ausnahmen auf sporadischen Messungen, ist also ziemlich bescheiden; eingehendere Beobachtungen in dieser Richtung sind besonders von L. Birkenmajer für den Fischsee und das Meerauge²⁾ und dann von A. Lityński für die Gąsie-

¹⁾ Am größten ist der Wielki Staw unter den Polnischen Fünf Seen (Oberfläche 33 ha, Tiefe 79 m, Seehöhe 1669 m), am tiefsten das Meerauge (= Czarny Staw pod Rysami) (84 m tief, Oberfläche 21·32 ha, Seehöhe 1584 m). Der größte südliche Csorber See (20·4 ha, 12 m tief, 1350 m ü. d. M.) wird noch von zwei weiteren Seen der Nordseite (Fischsee = Morskie Oko, 32 ha, und Czarny Staw Gąsienicowy, 22·87 ha) an Größe übertroffen. Die größte Tiefe (55·1 m) besitzt unter den südlichen Seen der Große Hinzen-See (Oberfläche 19·11 ha, Seehöhe 1965 m).

²⁾ L. Birkenmajer: O stosunkach temperatury głębokich jezior tatrzańskich w różnych głębokościach i różnych porach roku. (Rozpr. Akad. Umiej., Wydz. matem. przyrodn., Bd. XL, 1901).

nica-Seen¹⁾ durchgeführt worden. In den Tabellen I—XI der ausführlichen polnischen Arbeit des Verfassers, die in *Rozprawy Wydziału matem.-przyrodniczego Ak. Um.* erscheint, werden die in diesen und in einigen anderen Tatraseen beobachteten, dem Maximum wohl mehr oder weniger nahen Temperaturen angegeben. Die vorhandenen Angaben stehen im Einklang mit der übrigens selbstverständlichen Annahme, daß in Betreff der Temperatur zwischen den nördlichen und den südlichen Seen ein Unterschied zugunsten der letzteren besteht; so erreicht z. B. der Csorber-See (1350 m ü. d. M.) eine höhere Temperatur (25° C.) als der auf der Nordseite 1095 m hoch liegende Toporowy Staw Zadni (20·7° C.); die 1802—2045 m hoch liegenden Seen des Groß Kolbach-Tales scheinen sich ebenso stark zu erwärmen wie die in 1600—1837 m Meereshöhe liegenden Gąsienica-Seen u. s. w.

Auch für die in enger Beziehung zu den Temperaturverhältnissen stehende Dauer der eisfreien Zeit der Seen, das Datum des Auftauens und Zufrierens derselben sind die bisher gemachten Beobachtungen nicht zahlreich genug, besonders für die südlichen Abhänge der Tatra. Eine Zusammenstellung der betreffenden wichtigeren Angaben anderer Forscher und eigener Beobachtungen des Verfassers enthält seine bereits zitierte polnische Arbeit (Tabellen XII—XIX). In Bezug auf die eisfreie Zeit wurden die Tatraseen von A. Lityński in folgende 4 Gruppen eingeteilt: 1) Seen in 1095—1444 m Meereshöhe mit 16—20° C. und noch höherer Maximaltemperatur und ungefähr 6 Monate dauernder eisfreier Zeit, 2) Seen in mittleren Höhenlagen mit einer Maximaltemperatur von 8—18° C. und 3—5-monatiger eisfreier Zeit, 3) hochliegende Seen (bis 2167 m) mit einer in der Regel 8° C. nicht übersteigenden Maximaltemperatur und 3 Wochen bis 3½ Monat eisfreier Zeit, 4) hochliegende Seen in besonders ungünstigen Lagen, wie der Döller-See im Młynicatal (2105 m), der Obere Teriansko See (2124 m) und das Blaue Seechen unter dem Kleinsattelpaß (sämtlich auf der Südseite der Tatra), die entweder nicht ganz, oder — in wärmeren Jahren — nur auf kurze Zeit eisfrei werden und die Temperatur von 4° C. wohl nie erreichen. Auch in dieser Beziehung bestehen selbstverständlich Unterschiede zwischen den nördlichen und den südlichen Seen; z. B. eine etwa ebenso lange

¹⁾ S. diesen Anzeiger, 1913, S. 576.

eisfreie Zeit ($\pm 6\frac{1}{2}$ Monate) wie der Toporowy Staw Zadni (1095 m) haben auf der Südseite in 1323—1444 m Höhe liegende Seen; im J. 1911 fand das Auftauen und Zufrieren des südlich liegenden Oberen Wahlenberg-Sees (2167 m) fast gleichzeitig mit den nördlichen Seen: Zadni Staw unter den Polnischen Fünf Seen (1890 m) und Zmarzły Staw Gąsienicowy (1794 m) statt.

Übersicht der in den Tatraseen beobachteten Crustaceen.

Die beiliegende Tabelle enthält ein auf Grund fremder und des Verfassers Beobachtungen zusammengestelltes Verzeichnis der Süßwasser-Crustaceen der Tatra und eine Übersicht ihrer Verbreitung daselbst.

Im folgenden beschränke ich mich auf einige Angaben über die in systematischer oder biologischer Hinsicht interessanteren Arten.

Phyllopoda.

A. Euphyllopoda.

Fam. Branchipodidae.

1. *Branchinecta paludosa* O. F. Müll. lebt in der Tatra in einem einzigen See, nämlich dem Dwoisty Gąsienicowy (1654 m, 2·06 ha, 7·5 m tief), wo sie von A. Wierzejski im J. 1882¹⁾ gefunden wurde²⁾. Der Grund dieses vereinzelt auftretens ist wohl in den eigentümlichen hydrographischen Eigenschaften des genannten Sees, über welche A. Lityński (a. a. O., S. 574) berichtet, zu

¹⁾ S.: Wierzejski A.: „Materyały do fauny jezior tatrzańskich“ (Sprawozdanie Komisji fizyograficznej Akademii Umiejętności w Krakowie, Bd. XVI, 1882) und „O budowie i geograficznym rozszedleniu skorupiaka *Branchinecta paludosa* O. F. Müll.“ (Rozprawy Akademii Umiejętności w Krakowie, Bd. X, 1882).

²⁾ Acht Jahre nach dem Erscheinen der Arbeiten von Wierzejski hat E. v. Daday die in Rede stehende Art aus den „Raupenseen“ „in Ungarn“ angegeben („*Branchipus paludosus* Müll. O. F. in der ungarischen Fauna“ in *Természeti tudományok közlönye*, Bd. VIII, Nr 4, 1890). Doch liegen die Gąsienicowe Stawy, für welche der Autor den zwar üblichen, aber dennoch falschen Namen Raupenseen verwendet (s.: Lityński a. a. O., S. 567, Fußnote), nicht in Ungarn, sondern in Galizien, und von allen diesen Seen — zehn an der Zahl — wird ausschließlich der Dwoisty von *Branchinecta paludosa* bewohnt.

suchen. Der See verliert nämlich im Herbst — wahrscheinlich alljährlich — sein ganzes Wasser und liegt im Winter trocken.

Die biologischen Bedingungen, unter denen die *Branchinecta paludosa* in der Tatra vorkommt, sind denjenigen sehr ähnlich, unter welchen diese Art in Grönland und Nordschweden lebt, wie dies aus den Arbeiten von C. Wesenberg-Lund¹⁾ und Sv. Ekman²⁾ zu ersehen ist.

Der jährliche Entwicklungszyklus der *Branchinecta paludosa* vollzieht sich etwa in folgender Weise. Im Anfang des Frühjahrs (wahrscheinlich schon Anfang Mai), wenn der See sich mit dem vom tauenden Eis und Schnee stammenden Wasser füllt, entwickeln sich aus den Dauereiern die *Nauplii*. Die Jungen, welche ich Ende Mai (1914) erbeutete, maßen 1·5 mm (sie waren orangefarbig). In den ersten Tagen des August trifft man die ersten geschlechtsreifen, jedoch wenig ausgewachsenen Individuen; die Weibchen tragen schon zu dieser Zeit mit 6—8 Eiern gefüllte Eiertaschen. Die kleinsten geschlechtsreifen Weibchen messen bis 10 mm, die größten erreichen gegen den Herbst eine Länge von 17 bis 19 mm, die Männchen eine solche von etwa 20 mm (in Kulturen ♀♀ 20 mm, ♂♂ 24 mm). Das frühe Reifen der Art und das Fortwachsen der bereits geschlechtsreifen Exemplare beobachtete schon Wesenberg-Lund in Grönland; er erklärt die erstere Erscheinung durch Anpassung der Tiere an die Wohnortsbedingungen: sie ist ein Erhaltungsmittel für die Art, welche Gewässer bewohnt, die schon im Sommer austrocknen. Das Wachstum der Individuen hängt von der Zeit ab, während der die Seen bewässert sind. In Kulturen habe ich beobachtet, daß geschlechtsreife Individuen sich alle 10—15 Tage häuten und dabei an Größe zunehmen. — *Branchinecta paludosa* verschwindet aus dem Plankton des Dwoisty-Sees im Herbst, und zwar früher oder später, je nachdem der See früher oder später zufriert. So habe ich im J. 1912, in welchem der Winter früh einbrach, schon Anfang Oktober kein Exemplar finden können, während im J. 1913 noch im

¹⁾ Wesenberg-Lund C. Grönlands Ferskvandsentomotraca. I. Phyllopoda branchiopoda et cladocera. (Vidensk. Meddelelser fra den naturhist. Foren. i Kjøb. 1894).

²⁾ Ekman Sven. Die Phyllopoden, Cladoceren und freilebenden Copepoden der nord-schwedischen Hochgebirge. (Zool. Jahrb., Abt. f. System., Bd. XXI, 1904).

November vereinzelte Exemplare auftraten. — Die Zahl der Eier in der Eiertasche schwankt zwischen 6—20 (in Kultur habe ich bisweilen bis 34 Eier gefunden). Das Eierlegen findet mehrere Male statt. Die Eier entwickeln sich erst im folgenden Jahre, sind also durchweg Dauereier.

B. Cladocera.

I. Fam. Holopediidae.

2. *Holopedium gibberum* Zad. Zwischen den in verschiedenen Seen lebenden Kolonien dieser Art bestehen Unterschiede in der Körpergröße, der Zahl der Eier in der Bruthöhle, der Zahl der Stachelchen auf dem Postabdomen u. a. Die kleinsten Individuen (♀♀ 0·9—1 mm, ♂♂ 0·5 mm lang, ohne Gallerthülle) habe ich in dem Fischsee (1404 m), die größten (♀♀ bis 1·5—1·6 mm lang) in dem Wielki Staw (1669 m) gefischt. Nach Lilljeborg sind die im hohen Norden lebenden Exemplare größer als die südlichen, z. B. in Finmarken erreichen die ♀♀ 2·2 mm, in Schonen nur 1·5 mm Länge. Die Weibchen aus dem Norden haben bis 20—30 Eier oder Junge in der Bruthöhle, diejenigen aus dem Süden nur 8—10. In der Tatra habe ich bis 16 Eier in der Bruthöhle beobachtet. Die Zahl der Stacheln auf dem Postabdomen beträgt bei den Exemplaren aus dem Fisch- und dem Popper See (1513 m) 11—16, bei denjenigen aus den Polnischen Fünf Seen 17—23.

Im Bau des Innenastes des ersten Fußpaares bei ♂ habe ich zwischen den meinigen und den von Lilljeborg beschriebenen Exemplaren¹⁾ den Unterschied bemerkt, daß bei den ersteren die von Lilljeborg abgebildete Scheidewand zwischen dem Endhaken und dem basalen Teil des Astes fehlt. (Taf. 11, Fig. 1).

Holopedium gibberum überwintert nicht. Die Dauereier (ohne Ephyppien) sinken auf den Seegrund und entwickeln sich schon während des Auftauens der Seen²⁾. Die ersten geschlechtsreifen

¹⁾ Lilljeborg W. Cladocera Sueciae. (Nova Acta Reg. Soc. Sc. Upsaliensis, Vol. XIX. 1901) Taf. VII, Fig. 8.

²⁾ Einige Angaben über diese in der mir zugänglichen Literatur nicht beschriebenen Eier sind in meiner polnischen Arbeit zu finden; die hier beige-schlossenen Figuren 2—5 dürften einen hinreichenden Begriff von ihrem Bau geben.

Weibchen habe ich im Fischsee Anfang Juli (1910, 1911 u. 1912), die ersten, noch jungen Männchen am 16. VIII. (1912) gefangen. Erst im September trifft man ausgewachsene Männchen und Dauereierweibchen. Gewöhnlich tritt das *Holopedium gibberum* gegen Herbstende (im November) schon selten auf; in kühlen Jahren verschwindet es schon im Oktober aus dem Plankton.

II. Fam. Bosminidae.

3. *Bosmina longirostris* O. F. Müll. *forma tatrensis* nov. form. Ich habe diese Form nur im Fischsee gefunden. Eine ausführliche Beschreibung derselben befindet sich in diesem Anzeiger, 1916, S. 56, Taf. 6, Fig. 1—3.

III. Fam. Macrothricidae.

4. *Ilyocryptus sordidus* Liévin wurde nur in drei Seen gefunden. Seine Entwicklung habe ich nicht studiert. Eine Abbildung der bisher nicht mit Sicherheit bekannten¹⁾, von mir in Aquarienkultur erhaltenen Dauereier gibt die beigeschlossene Fig. 6 (Taf. 11).

5. *Macrothrix hirsuticornis* Norm. & Brady var. *groenlandica* Lilljb. Diese Varietät kommt in der Tatra in kleineren, besser erwärmten Seen mit schlammigem Boden zwischen 1577 und 1960 m Meereshöhe vor. — Eine Beschreibung der Weibchen und der bisher fast unbekannten Männchen und Dauereier habe ich in diesem Anzeiger (1916, S. 58, Taf. 6, Fig. 4—6) gegeben.

6. *Streblocerus serricaudatus* Fischer. Die Exemplare dieser Art aus den Tatraseen besitzen das sog. Haftorgan, welches nach L. Keilhack diesem Genus fehlen soll¹⁾. Männchen habe ich im September gefangen. Die Vermehrung ist monozyklisch.

7. *Acantholeberis curvirostris* O. F. Müll. Diese Art wurde in der Tatra nur in dem See Smreczyński Staw (1226 m). gefunden. Die Weibchen mit Subitaneiern messen 0.9—1.7 mm (sie tragen bis 10 Eier). Die Dauereierweibchen messen 1.2—1.7 mm, die Männchen 0.64—0.68 mm. Die Vermehrung ist monozyklisch.

¹⁾ Das von L. Keilhack beschriebene Dauerei (in der Arbeit: Die Ehipprien der Macrothriciden, Arch. f. Hydrob. u. Planktonk., Bd. IV, 1909) gehört, wie der Verfasser selbst angibt, wahrscheinlich nicht zu dieser Art, sondern zu *I. agilis*.

¹⁾ L. Keilhack: „Süßwasserfauna Deutschlands“ (herausgegeben von A. Brauer), Heft 10: Phyllopoden.

Da die beiden bisher veröffentlichten Abbildungen¹⁾ der Dauereier nicht genau genug sind, schließe ich eine neue bei (Taf. 11, Fig. 7).

Copepoda.

Aus der Ordnung *Copepoda* wurden von mir folgende Harpacticiden-Arten als neu für die Tatra festgestellt: *Canthocamptus Wierzejskii* Mrázek, *C. Vejdovskyi* Mrázek, der in fünf Seen gefundene *C. Hoferi* Douwe (es sind auch die früher unbekannten Männchen gefunden worden), *C. gracilis* Sars, *C. cuspidatus* Schm. var. *Ekmani* Kéßler, *C. rhaeticus* Schm., der unlängst (1914 J.) im Riesengebirge von Kéßler²⁾ entdeckte und sonst noch nirgends gefundene *C. van Douwei* Kéßler, *C. Schmeili* Mrázek, *Moraria Sarsi* Mrázek, *M. Schmeili* Douwe und die für die Wissenschaft neuen: *Canthocamptus Mrázeki* m., *C. mirus* m. und *C. Zschokkei* var. *tatrensis* m.³⁾ Von diesen Arten ist *Canthocamptus mirus* insofern interessant, als dem Weibchen desselben die beiden langen Apikalborsten an der Furca fehlen, wodurch diese Art an die problematische, von C. Vogt im J. 1845 beschriebene *Cyclopsine alpestris* erinnert.

Ostracoda.

Von Ostracoden besitzen die Tatraseen keine besonderen oder endemischen Arten.

Unsere Übersichtstabelle der Arten weist bedeutende Unterschiede zwischen den Faunen der Nord- und der Südseite der Tatra auf: $\frac{7}{15}$ der Arten wurden nur auf einer Seite gefunden, und zwar 9 nur auf der Süd- und 26 nur auf der Nordseite; von

¹⁾ Die Zeichnung in J. E. Schödler: „Über *Acanthocercus rigidus*, ein bisher noch unbekanntes Entomostrakon u. s. w.“ (Archiv. f. Naturgesch., 12. Jhg., Bd. I, 1846) S. 301, Taf. XI u. XII, und die photographische Aufnahme in H. Weigold: „Biologische Studien an Lyncodaphniden und Chydoriden“ (Intern. Revue d. ges. Hydrob. u. Hydrogr., Bd. III, 1910, Biolog. Suppl., Heft 2), Taf. XII, Fig. 2.

²⁾ Zoologischer Anzeiger, Bd. XLIII. Nr 13. 1914.

³⁾ Beschreibungen dieser Formen s. in diesem Anzeiger, 1916, S. 60 u. ff.

den beiden Seiten gemeinschaftlichen Arten steigen 31 auf der Südseite, und 9 auf der Nordseite höher hinauf. Diese Resultate der bisherigen Forschungen entsprechen vielleicht nur teilweise der Wirklichkeit, z. B. das vorwiegende Auftreten einiger Arten auf einer Seite (*Holopedium gibberum*, *Eurycercus lamellatus*, *Polypheumus pediculus* sind auf der nördlichen, dagegen *Diaptomus bacillifer* auf der südlichen Seite viel häufiger als auf der entgegengesetzten). Zum Teil sind aber die in Rede stehenden Unterschiede wohl dem Umstande zuzuschreiben, daß die Südseite der Tatra in Bezug auf ihre Fauna weniger genau durchsucht worden ist als die Nordseite.

Vergleich der Crustaceenfauna der Tatraseen mit derjenigen der Alpen- und der nordschwedischen Gebirgsseen.¹⁾

Bei ihrer etwa um $1\frac{1}{2}$ Breitengrade mehr nördlichen Lage und der fast verschwindend kleinen Massenerhebung im Vergleich mit den (Schweizer) Alpen besitzt die Tatra selbstverständlich auch ein rauheres Klima. Die obere Waldgrenze liegt in den Schweizer Alpen durchschnittlich etwa 1700 m, die Schneegrenze etwa 2750 m, in der Tatra die erstere 1545 m hoch²⁾; als theoretische Schneegrenze wird in der Tatra die Höhenlinie von 2300 angenommen³⁾. Demgemäß bestehen zwischen gleich hoch liegenden Seen der Tatra und der Alpen bedeutende Unterschiede in physikalischer Hinsicht. Solche Seen der Tatra wie z. B. das Meerauge (1584 m), die Gąsienica-Seen (1600—1837 m) liegen bereits in der alpinen Region. Daß aber auch in analogen Höhen die Verhältnisse nicht identisch sind, ist z. B. aus dem Umstande zu

¹⁾ Diesen Vergleich habe ich auf Grund der Arbeiten von Fr. Zschokke (Die Tierwelt der Hochgebirgsseen, in Neue Denkschr. schweiz. nat. Ges. Bd. 37. 1900), Th. Stingelin (Neue Beiträge zur Kenntnis der Cladocerenfauna der Schweiz, in Revue Suisse de Zoologie T. 14, 1906 und Catalogue des Invertébrés de la Suisse. Phyllopoies, Mus. d'hist. natur. de Genève 1908), L. Keilhack (Cladoceren aus den Dauphiné-Alpen, in Zool. Anz. Bd. XXIX 1906) und Sv. Ekman (Die Phyllopoden, Cladoceren und freilebenden Copepoden der nordschwedischen Hochgebirge, in Zool. Jahrb., Abt. f. System., Bd. XXI, 1904) durchgeführt.

²⁾ Nach B. Kotula: Rozmieszczenie roślin naczyniowych w Tatrach.

³⁾ Als untere Grenze der „Region der Schneeflecke“, die der Schneeregion der Alpen entspricht, gibt Kotula 2250 m an (a. a. O.).

schließen, daß aus den Seen der alpinen Region der Alpen noch 8 Arten von Blütenpflanzen angegeben werden ¹⁾, während in der gleichen Region der Tatra von B. Kotula eine einzige *Sparganium*-Art, und zwar in dem Oberen Rohacz-See (Tümpel, 1668 m) gefunden wurde.

Unsere Seen in der Höhe von 1404—1724 m auf der Nordseite der Tatra erreichen etwa dieselbe Maximaltemperatur wie die 1874—2712 m hoch liegenden Rhatikonseen (Maximaltemperatur nach 2—5-jährigen Beobachtungen: 5—16 C.°, nach Fr. Zschokke); ähnliche Temperaturen wie in den Seen des St. Bernhard-Gebietes (2420—2606 m, Temperatur: 7.5—12 C.°, nach Fr. Zschokke) wurden in der Tatra in Höhen von 1779—2000 m beobachtet. Bestimmter und zuverlässiger sind die in der Dauer der eisfreien Zeit bestehenden Unterschiede. Wie die in der polnischen Arbeit des Verfassers für 9 Alpenseen und 14 Seen der Tatra zusammengestellten Zahlen (Tabellen XV, XVI u. XXV) zeigen, liegen Seen mit 125—165 eisfreien Tagen in den Alpen 2102—2189 m, in der Tatra 1600—1724 m, solche mit 35—85 eisfreien Tagen in den Alpen 2340—2445 m, in der Tatra 1724—1890 m hoch. Seen, wie der Obere Arosasee (1740 m) und der Silsersee (1796 m), mit 172—241 Tage lang dauernder eisfreier Zeit gibt es in der Tatra nicht.

In Übereinstimmung mit den in Rede stehenden Unterschieden liegen die oberen Verbreitungsgrenzen der den beiden Gebieten gemeinsamen Süßwassercrustaceen in den Alpen fast ausnahmslos höher als in der Tatra, wie die folgende Tabelle zeigt (ich berücksichtige nur die Cladoceren und die Copepoden).

Von den Unterschieden zwischen der Fauna der Alpen und derjenigen der Tatra ist vor allem das Fehlen der *Branchinecta paludosa* O. F. Müll. in den Alpen, ferner das äußerst seltene Auftreten der Reliktenform *Holopedium gibberum* daselbst und das verhältnismäßig seltene Auftreten von *Polyphemus pediculus* hervorzuheben. Der Tatra fehlen dagegen einige Arten und Formen von *Bosmina*, ferner *Sida cristallina* O. F. Müll., *Moina rectirostris* und einige *Alona*-Arten. Die Gesamtzahl der die Tatraseen bewohnenden Cladocerenarten beträgt 33, diejenige der in den Alpen vorkommen-

¹⁾ Schröter: Das Pflanzenleben der Alpenwelt, S. 617.

TABELLE II.

	Verbreitungsgrenzen in Metern	
	in der Tatra	in den Alpen
Cladoceren		
1. <i>Holopedium gibberum</i>	1794	2100
2. <i>Daphnia pulex-obtusa</i>	1600	1800
3. <i>Daphnia</i> ¹⁾	2026	2420
4. <i>Daphnia</i> (aus d. Gruppe <i>longispina</i>)	1674	2610
5. <i>Simocephalus vetulus</i>	1513	2310
6. <i>Macrothrix hirsuticornis</i>	1960	2470
7. <i>Eurycercus lamellatus</i>	1779	1796
8. <i>Acroperus harpae</i>	1965	2610
9. <i>Alona quadrangularis</i>	2025	2640
10. <i>Alona affinis</i>	1965	2570
11. <i>Alona guttata</i>	1672	2500
12. <i>Alona rectangularis</i>	1704	2400
13. <i>Alonella excisa</i>	2026	2620
14. <i>Peracantha truncata</i>	1444	2030
15. <i>Polyphemus pediculus</i>	1794	2000
Copepoden		
1. <i>Diaptomus bacillifer</i>	2167	2780
2. <i>Diaptomus denticornis</i> ²⁾	1444	2500
3. <i>Heterocope saliens</i>	1620	2680
4. <i>Cyclops fuscus</i>	1404	1880
5. <i>Cyclops albidus</i>	1404	2381
6. <i>Cyclops strenuus</i>	2124	2686
7. <i>Cyclops viridis</i>	1965	2075
8. <i>Cyclops fimbriatus</i>	1350	2686
9. <i>Canthocamptus staphylinus</i>	2019	2500
10. <i>Canthocamptus minutus</i>	2019	2250
11. <i>Canthocamptus Zschokkei</i>	1724	2189
12. <i>Canthocamptus Schmeili</i>	2045	1943

¹⁾ In den Tatraseen *Daphnia Wierzejskii* Lityński (1913), in den Alpenseen *D. pulex* var. *helvetica* Stingelin.

²⁾ Nach E. v. Daday liegt die Verbreitungsgrenze dieser Art 2019 m hoch (in einem der Kolbacher Seen, wo ich nur *D. bacillifer* gefunden habe).

den 37 (nach Fr. Zschokke; diese Zahl ist auf Grund neuerer Untersuchungen etwas gestiegen).

Unter den Copepoden ist *Diaptomus bacillifer* die in den Seen beider Gebiete am meisten verbreitete Centropagiden-Art; der in den Alpen gemeine *D. denticornis* ist bei uns selten. Von Cyclopiden kommt *Cyclops vernalis* in der Tatra häufiger vor; *C. serrulatus* und *C. strenuus* treten in beiden Gebieten zahlreich auf. Von der Familie der Harpacticiden wurden zwar in der Tatra mehr Arten gefunden, doch sind die betreffenden Forschungen in den Alpen noch nicht abgeschlossen. *Canthocamptus cuspidatus*, welcher als eine Gebirgsform betrachtet wird, ist in der Tatra häufiger.

Die Zahl der in beiden Gebieten gefundenen Copepoden beträgt:

	Alpen	Tatra
Centropagidae	6	5 (6?)
Cyclopidae	12	8
Harpacticidae	8	17

Die Ostracoden sind in den Alpen durch 12, in der Tatra durch 10 Arten vertreten.

Einen wichtigen Unterschied zwischen den beiden Gebieten in biologischer Hinsicht bildet der ungleiche Verlauf der jährlichen Vermehrungszyklen der Cladoceren. Während in den Alpenseen die Arten der Genera *Daphnia*, *Acroperus*, *Alona*, *Chydorus* u. a. zweimal im Jahre die geschlechtliche Vermehrung durchmachen, sind diese Arten in der Tatra monozyklisch [mit Ausnahme von *Daphnia variabilis* Lghs. var. *longispina-rosea* in dem warmen Csorber See (Seehöhe 1350 m, Maximaltemperatur 25° C.)]. Die monozyklische Vermehrung der Cladoceren in den Tatraseen ist wahrscheinlich durch Anpassung derselben an den kalten Herbst und das späte Auftauen der Seen zu erklären.

In unseren verhältnismäßig niedrig gelegenen Seen findet man noch im Juli in Entwicklung begriffene Dauereier von Cladoceren, so fand ich z. B. am 16. VII. 1912 im Czarny Staw unter den Polnischen Fünf Seen (1724 m ü. d. M.) am Boden nicht weit vom Seeufer in Entwicklung begriffene Dauereier von *Acroperus harpae* und *Alona affinis* und in dem Plankton kleine, wohl vor etwa einer Woche ausgeschlüpfte Exemplare von *Holopedium gibberum*. Im Meerauge (1584 m) fand ich am 8. VI. 1910 am Boden,

etwas weiter vom Seeufer entfernt, in Entwicklung begriffene Dauereier der letztgenannten Art. In höher gelegenen Seen findet die Entwicklung der Dauereier selbstverständlich noch später statt.

Durch die monozyklische* Entwicklung der Cladoceren nähert sich die Fauna der Tatraseen derjenigen der Seen Nordschwedens und z. T. auch Grönlands mehr als derjenigen der Alpen. Dies weist auch darauf hin, daß in bezug auf die physikalischen Eigenschaften unsere Seen den nordschwedischen Gebirgsseen näher stehen als denjenigen der Alpen.

Nach Sv. Ekman liegen die drei von ihm untersuchten Gruppen von schwedischen Gebirgsseen, in Jämtland (ca. 64° 32' n. Br.), Lule-Lappmark (67° 3'—67° 32' n. Br.) und Torne-Lappmark (ca. 68° 20' n. Br.), in folgenden drei Höhenregionen: I. Birkenregion (350/600—530/700 m), II. Grauweidenregion (530/700—950/1000 m) und III. Flechtenregion (950/1000—1350 m ü. d. M.).

Um für die weiter unten folgende Vergleichung der Verbreitung der Arten in den behandelten Gebieten Seengruppen zu erhalten, die einander annähernd entsprechen, gehen wir von der Schneegrenze aus, welche in dem nordschwedischen Gebirge etwa 1300—1350 m, in den Schweizer Alpen durchschnittlich 2750 m und in der Tatra (theoretisch) etwa 2300 m hoch liegt, und addieren die zwischen diesen Zahlen bestehenden Differenzen (ca. 1000, bzw. 450 m) zu den von Ekman angegebenen Höhengrenzen seiner Regionen, bzw. zu den entsprechenden, die Tatra betreffenden Zahlen.

Darnach würden einander entsprechen;

	in Nordschweden Seen:	in der Tatra Seen in der Höhe von:	in den Alpen
I. der Birkenregion,	350—700 m	1350—1700 m	1800—2150 m
II. „ Grauweidenregion,	700—1000 m	1700—2000 m	2150—2450 m
III. „ Flechtenregion,	1000—1350 m	über 2000 m	über 2450 m

Folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Maximaltemperaturen und der eisfreien Zeiten für die mit I, II und III

TABELLE III.

1: Kleinere Seen, Weiher und Tümpel. — 2: Größere Seen.

		Temperatur ° C.			Eisfreie Zeit in Monaten, Wochen und Tagen		
		Seengruppen			Seengruppen		
		I	II	III	I	II	III
Schweden	1	18.8—20	(8 bis) 20	bis 17 ¹⁾	3—4 M.	2—3 M.	1½ M.
	2	10—12	10 (bis 14—15 ²⁾)	7—12 ³⁾ 4 ⁴⁾	5 M.	2—3½ M.	1½ M. ⁵⁾
Tatra	1	14.8—20.7	(6.6 bis) 18	7—10 ⁶⁾	5—6 M.	3 W. bis 3½ M.	?
	2	8—16.9 ⁷⁾	8.8—13.5	bis 8 3.9—4.8 ⁸⁾	3½—5 M. ⁹⁾	2—4 M. ¹⁰⁾	20 T.—2 M. ¹¹⁾
Alpen	1	12.5—16	bis 21	15—18.5	4 M. 5 T. bis 6 M.	1 M. 24 T. bis 4 M. 25 T.	bis 4 M. 5 T.
	2	bis 16	bis 17	7.5—15			

¹⁾ In Tümpeln.²⁾ Bei sonnigem Wetter.³⁾ An der unteren Grenze.⁴⁾ An der oberen Grenze.⁵⁾ Die höchsten Seen dürften nur selten eisfrei werden.⁶⁾ Wahrscheinlich auch mehr.⁷⁾ Ausnahmsweise (Csorber-

See — 1350 m) 25° C.

⁸⁾ Die am höchsten liegenden Seen.⁹⁾ Ausnahmsweise ± 6½ M.¹⁰⁾ 4 Monate für die Seen an der unteren Grenze.¹¹⁾ Die am höchsten liegenden Seen werden nur selten eisfrei.

bezeichneten Seengruppen. Die die schwedischen und die Alpenseen betreffenden Teile der Tabelle beruhen auf den Angaben von Ekman und von Zschokke, die auf die Tatra sich beziehenden Zahlen sind weniger zuverlässig, weil besonders für die höher gelegenen südlichen Seen die nötigen Beobachtungen nicht in hinreichender Anzahl vorliegen.

Die schwedischen Gebirgsseen besitzen zwei nordische, der Tatra fehlende Branchipodiden, nämlich *Polyartemia forcipata* Fischer und *Lepidurus arcticus* Pall. Für die in einem einzigen Tatrasee lebende *Branchinecta paludosa* O. F. Müll. gibt Ekman 7 Standorte an.

Von Cladoceren fehlen in der Tatra die für die nordischen Seen charakteristischen Arten: *Bosmina obtusirostris* Sars und *Ophryoxus gracilis* Sars, ferner: *Sida crystallina*, einige Formen der *Daphnia longispina*, *Lathonura rectirostris*, *Alonopsis elongata*, *Leptorhynchus falcatus* und *Bythotrephes longimanus*. — In den in Rede stehenden schwedischen Seen leben 39 Formen von Cladoceren (darunter 29 selbständige Arten), in der Tatra 33 Formen (28 selbständige Arten).

Von der Copepoden-Familie der Cyclopiden ist *Cyclops strenuus* in beiden Gebieten gleich verbreitet (Sv. Ekman unterscheidet nach Sars und Lilljeborg zwei selbständige Arten: *C. strenuus* und *C. scutifer*; Schmeil u. a. ziehen sie in eine Art: *C. strenuus* zusammen); *C. vernalis* kommt in der Tatra häufiger als in Nordschweden vor. Es fehlt in der Tatra *C. robustus*. Die Gesamtzahl der Cyclopiden-Arten beträgt in beiden Gebieten je acht. Aus der Fam. *Centropagidae* besitzen *Diaptomus laciniatus* und *Hetercope saliens* in Nordschweden mehrere Standorte. Die erstere Art fehlt in der Tatra, die letztere kommt bei uns sehr selten vor. Der Tatra fehlt auch *Diaptomus laticeps*. Die gemeinsame Art *D. denticornis* lebt in Nordschweden nur in den niedriger gelegenen Seen, ebenso wie in der Tatra (in den nördlichen Seen). Der alpine, auch in der Tatra in mehreren Seen, vorwiegend auf der Südseite vorkommende *Diaptomus bacillifer* fehlt in Nordschweden. Von Centropagiden besitzt Nordschweden 5, die Tatra 5 sichere und eine fragliche Art. Die Anzahl der tatrischen Harpacticiden übertrifft diejenige der nordschwedischen bedeutend (17 gegen 4), doch befindet sich unter den letzteren eine der Tatra fehlende Art, nämlich *Canthocamptus arcticus*.

Folgende Tabelle gibt in absoluten Zahlen und in Perzenten die Anzahl der Seen, die von den sowohl in Nordschweden als auch in der Tatra lebenden Cladoceren- und Copepoden-Arten bewohnt werden.

TABELLE IV.

	Nord-schweden			Die Tatra			Nord-schweden			Die Tatra		
	Regionen			Seen-gruppen			Regionen			Seen-gruppen		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	Zahl der Seen						Zahl der Seen					
	48	89	43	31	34	22	48	89	43	31	34	22
	Zahl der Standorte						Verhältnisse in %					
Phyllopoda.												
1. Branchinecta paludosa	—	2	5	1	—	—	—	2	12	3	—	—
Cladocera.												
2. Holopedium gibberum	25	25	1	10	2	—	52	28	2	32	6	—
3. Daphnia pulex	6	3	1	8	—	—	12	3	2	26	—	—
4. Daphnia (aus d. Grup. longispina)	28	8	10	5	—	—	58	9	23	16	—	—
5. Ceriodaphnia quadrangula	7	16	4	3	—	—	15	18	9	10	—	—
6. Simocephalus vetulus	6	—	—	3	—	—	12	—	—	10	—	—
7. Streblocerus serricaudatus	2	2	—	2	—	—	4	2	—	6	—	—
8. Eurycerus lamellatus	26	28	2	8	3	—	54	31	5	26	9	—
9. Acroperus harpae	27	34	8	27	12	—	56	38	18	87	35	—
10. Alona quadrangularis	2	1	—	17	6	2	4	1	—	55	18	9
11. Alona affinis	14	9	—	19	8	—	29	10	—	32	24	—
12. Alona guttata	2	1	—	4	—	—	4	1	—	13	—	—
13. Alonella excisa	16	20	2	7	4	1	33	22	5	23	12	5
14. Alonella nana	11	8	2	3	—	—	23	9	5	10	—	—
15. Peracantha truncata	1	2	—	2	—	—	2	2	—	6	—	—
16. Chydorus sphaericus	40	54	22	31	31	19	83	61	51	100	91	86
17. Polyphemus pediculus	38	44	3	11	4	—	79	49	7	35	12	—
Copepoda.												
1. Diaptomus denticornis	9	—	—	2	—	—	19	—	—	6	—	—
2. Diaptomus graciloides	11	—	3	2	—	—	23	—	7	6	—	—
3. Heterocope saliens	12	8	—	1	—	—	25	9	—	3	—	—
4. Cyclops strenuus (C. strenuus u. C. scutifer in Nd. Schweden)	27	22	16	18	15	7	56	24	37	58	44	32
5. Cyclops vernalis	1	12	3	23	33	21	2	13	7	74	97	95
6. Cyclops viridis (C. viridis u. C. gigas in Nd. Schw.)	11	20	4	13	6	—	23	22	9	42	18	—
7. Cyclops serrulatus	8	19	8	31	34	19	17	21	18	100	100	86
8. Canthocamptus cuspidatus	1	4	1	12	18	12	2	4	2	39	53	54

Aus obiger Tabelle ersieht man, daß die Cladoceren-Arten in Nordschweden vorwiegend höher hinaufgehen als in der Tatra. Das höchste Gebiet der Tatra erreichen von 16 gemeinsamen Arten nur 3; von diesen kommt *Chydorus sphaericus* häufig, und zwar an 19 Standorten vor, während *Alona quadrangularis* und *Alonella excisa* nur vereinzelt auftreten; dagegen bewohnen das entsprechende Seengebiet in Nordschweden 10 Arten. Ähnlich ist auch das mittlere Seengebiet der Tatra artenärmer als dasjenige Nordschwedens (8 gegen 15 Arten). Der Grund hiefür dürfte mit größter Wahrscheinlichkeit in den thermischen, aus unserer Tabelle III ersichtlichen Eigenschaften der Seen zu suchen sein. Während in den zwei höheren Regionen beider Gebiete große Ähnlichkeit in den thermischen Verhältnissen größerer Seen herrscht, treten in den kleinen Seen, Tümpeln und Weihern bedeutende thermische Unterschiede auf. In der Tatra fehlen in dem höchsten Gebiete Wasserbehälter, welche sich ebenso stark erwärmen würden wie die kleinen und seichten Tümpel und Weiher Nordschwedens in der entsprechenden Region (Flechtenregion), deren Temperatur 17° C. (in der Grauweidenregion sogar 20° C.) erreicht. Die Annahme, daß es sich hier besonders um den Einfluß der Temperaturen handelt, wird durch folgende Tabelle bestätigt, welche die Anzahl der die einzelnen Seengruppen der verglichenen Gebiete bewohnenden Cladoceren angibt.

TABELLE V.

Seengruppen						
	I	II	III	I	II	III
Anzahl der Cladoceren-Arten				Dieselbe in %		
Nordschweden	28	25	12	100	89	43
Die Alpen	29	21	14	100	72	48
Die Tatra	25	14	5	100	56	20

Auch in den Alpen gehen also bis in die höchste Region mit ihren hohen Temperaturen erreichenden kleinen Wasserbehältern bei weitem mehr Cladocerenarten hinauf, als in der Tatra, wo solche Wasserbehälter fehlen.

Auf Grund obiger Vergleiche kann der Tatra eine Stellung unter den verglichenen Gebirgsgegenden in bezug auf die Süßwassercrustaceen zugewiesen werden. Diese Stellung wird durch folgendes bestimmt:

1. Die Tatraseen stehen in bezug auf ihre Crustaceenfauna den nordischen Seen näher als den Seen der Alpenländer.

2. Die Tatra nimmt unter den behandelten Gebieten insofern eine Sonderstellung ein, als hier stärker erwärmte Wasserbehälter in den höchsten Regionen fehlen, was eine stärkere Abnahme der Artenzahl in diesen Regionen, besonders der Cladoceren, als in Nordschweden und in den Alpen zur Folge hat.

Auf die gemeinsamen Merkmale der Tatraseen mit den Seen Nordschwedens hat schon Sv. Ekman (auf Grund der Arbeiten von A. Wierzejski, E. v. Daday und Fr. Zschokke) aufmerksam gemacht und, obwohl er die Hochgebirge Mitteleuropas zu einer einzigen Subregion der boreo-subglazialen Region zusammengezogen hat, betonte er dennoch, daß die Alpen und die Karpaten sich „etwas verschieden verhalten und zwei Unterabteilungen der Subregion darstellen. Diese Verschiedenheit besteht zum Teil darin, daß die letztgenannten sich den skandinavischen Hochgebirgen nähern durch den Besitz von *Branchinecta paludosa*..... und durch die größere Häufigkeit von *Holopedium gibberum*“.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 11.

Fig. 1—5. *Holopedium gibberum* Zad.

Fig. 1. Endteile der Innenäste (Endopoditen) der Füße des I. Paares beim Männchen, $\times 405$.

Fig. 2. Dauerei mit dem Rest der Gallerthülle des Weibchens, $\times 145$.

Fig. 3. Dasselbe Ei in frühem Entwicklungsstadium (die äußere Eihülle ist geplatzt), $\times 209$.

Fig. 4. Embryo im Anfangsentwicklungsstadium (die innere Eihülle erheblich gedehnt), $\times 145$.

Fig. 5. Embryo in etwas späterem Stadium (die Teile der äußeren Eihülle sind abgefallen), $\times 145$.

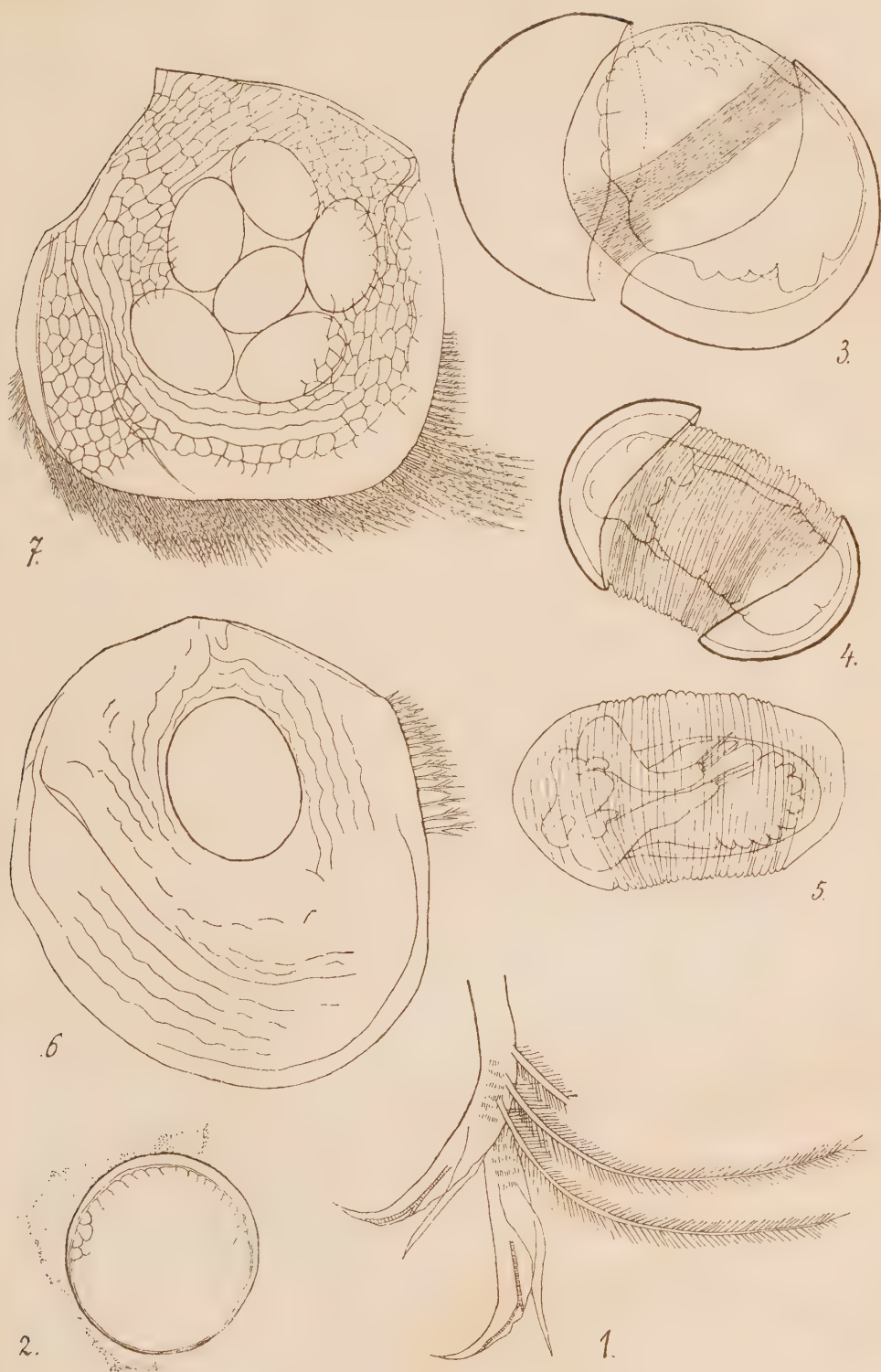
Fig. 6. *Ilyocryptus sordidus* Liévin.

Dauerei, $\times 145$.

Fig. 7. *Acantholeberis curvirostris* O. F. Müll.

Dauerei $\times 63.5$.

Alle Figuren sind mit Hilfe des Abbe'schen Zeichenapparates nach konservierten Objekten entworfen.





O t. zw. arinencefalii i jej stanowisku wśród wad rozwojowych mózgu. — Über die sog. Arhinencephalie und ihre Stellung unter den Mißbildungen des Gehirns.

Mémoire

de M. **STEFAN BOROWIECKI,**

présenté, dans la séance du 13 Novembre 1916, par M. K. Kostanecki m. t.

(Planches 12—14).

Unter den Mißbildungen des Gehirns fällt das ziemlich häufige Auftreten von Störungen auf, welche durch unvollständige Trennung der Hemisphären sowie durch Fehlen bezw. mangelhafte Entwicklung des Riechapparates gekennzeichnet sind. Auf die teratologische Literatur zurückgreifend, finden wir Beschreibungen von ähnlichen Mißbildungen schon im Anfang des XIX. Jahrhunderts (Tiedemann i. J. 1824). Diese Entwicklungsstörungen wurden zuerst als Verwachsung der Gehirnhemisphären gedeutet. Geoffroy St. Hilaire unterscheidet diese Fälle von anderen als Cebocephalie (κῆφος — Affe), weil neben einer Hirnmißbildung eine verunstaltete, flache Nase gefunden wird, welche eine Ähnlichkeit mit dem Affen bewirkt. In neuerer Zeit betont Kundrat vor allem die Mißbildung des äußeren und inneren Riechapparates (i. J. 1882). Dieser Autor hat die bei zahlreichen Mißbildungen des Gehirns vorkommenden Störungen des Riechorganes kritisch bearbeitet. Er stellt die Mißbildungen, die durch das Fehlen bzw. die Anomalie des Riechorganes neben der Mißgestaltung der Gehirnhemisphären charakterisiert sind, zusammen zu einer kontinuierlichen Reihe von Gehirnmißbildungen, mit der Cyklopie beginnend, bis zu Mißbildungen, die sich der Norm nähern. Kundrat betrachtet die Entwicklungsstörung des Riechorganes bei allen diesen Mißbildungen als das am meisten typische Symptom

und faßt alle diejenigen Mißgestaltungen des Gehirns, die mit Störungen des Riechhirns verbunden sind, unter dem Namen Arhinencephalie zusammen (Rhinencephalon—Riechhirn).

Unzweifelhaft bedeuten die Untersuchungen Kundrat's über Hirnmißbildungen, die mit Störungen des Riechhirns und Entwicklungsstörung der Gehirnhemisphären verbunden sind, einen namhaften Fortschritt auf diesem Gebiete. Eine genaue Analyse des nachstehend geschilderten Falles hat mich jedoch davon überzeugt, daß die sog. Arhinencephalie in ihrem Wesen noch nicht genügend aufgeklärt ist, daß insbesondere ihre Analyse vom Standpunkt der Embryologie des Gehirns fortgesetzt werden muß und schließlich die bestehende Klassifikation, welche die Stellung der Arhinencephalie unter den anderen Mißbildungen bestimmt, nur als provisorisch gelten kann und einer prinzipiellen Änderung bedarf.

Anatomische¹⁾ Untersuchung eines Falles von Arhinencephalie.

Das mir von der geburtshilflichen Klinik zur Verfügung gestellte Gehirn eines nach 14 Tagen gestorbenen Säuglings ist der Größe nach kleiner als bei einem normalen Neugeborenen; es wiegt 205 g (anstatt 350—400 g nach v. Monakow).

Die äußeren Umrisse des Gehirns, seine Furchen und Windungen sind am besten aus den Figuren zu ersehen (S. Fig. 1—4). Vor allem bemerkt man sofort, daß die Teilung der Hemisphären unvollständig ist. Der longitudinale Hirnspalt ist nach vorn unterbrochen und die fronto-basalen Hirnteile bleiben in der Mittellinie ungeteilt (Fig. 2 u. 3). Nur die Sylvische Spalte ist deutlich erkennbar. Die Zentralfurchen können infolge ihres anormalen Verlaufes nicht mit Bestimmtheit erkannt werden. Den Verlauf der Fissura calcarina kann man auf Grund des Vorhandenseins der Brodmann'schen Area striata genau feststellen, hingegen den Verlauf der Fissura parieto-occipitalis nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit bestimmen. Von den atypischen Furchen fallen die longitudinalen, bzw. Bogenfurchen, auf. Im allgemeinen kann man über die Furchen so viel sagen, daß ihre Zahl geringer

¹⁾ Die mikroskopische Untersuchung habe ich auf Grund einer lückenlosen Serie von Schnitten durchgeführt, welche nach der (von Wolters modifizierten) Pal'schen Methode und teilweise mit Karmin gefärbt wurden.

ist und daß ihre Windungen den Eindruck von Makrogyrie machen.

Die Hirnrinde stellt hinsichtlich ihrer Architektur den ausgesprochenen Typus eines sechsschichtigen Baues dar (Brodmann). Territorialunterschiede konnten mit Ausnahme von der Area striata bei der angewandten Methode nicht festgestellt werden. Dort, wo der longitudinale Hirnspalt nach vorn endigt, finden wir in der Hirnrinde interessante architektonische Störungen (Fig. 5 u. 6, St. c. v. d.). Es fällt dort nämlich unter der Oberfläche der Hirnrinde die mäandrische, vorwiegend quer verlaufende Faltung ihrer Schichten auf, die dem Bilde entspricht, welches von Ranke als *Status corticis verrucosus deformis* beschrieben worden ist.

Der Balken (Fig. 6—11, C. c.) ist bedeutend verkürzt, seine Länge beträgt 30 anstatt 45% der Länge des Gehirns und er ist nach vorne zu sehr dünn. Balkenknie, Fornix, Septum pellucidum, Ventriculus septi pellucidi fehlen gänzlich. Die mediale Hemisphärenwand ist in kaudaler Richtung entwickelt, wo auch die Hemisphären sich ungefähr normal gestalten. Im ventralen Abschnitt der medialen Hemisphärenwand lassen sich die sog. Ammonshörner leicht erkennen (Fig. 9—11, C. A.). Sie gehen nach oben in das sog. Indusium griseum corporis callosi über (Fig. 11 u. 12), welches in ganz außergewöhnlicher Weise die ganze äußere Fläche des Balkens bedeckt. Neben den Ammonshörnern läßt sich die Fimbria unterscheiden (Fig. 9 u. 10, F.). Das Psalterium kann nur mit Mühe von dem Corpus callosum abgegrenzt werden (Fig. 11, Ps.).

Eine Lamina terminalis im eigentlichen Sinne, d. h. als eine dünne Platte, welche den dritten Ventrikel nach vorne abschließt, ist nicht vorhanden. An ihrer Stelle hat sich eine bedeutende Hirnmasse entwickelt, welche die fronto-ventralen Hirnteile untereinander verbindet und in welcher die Streifenhügel (Corpora striata) und ihre Kerne (Nucl. lentiformis et caudatus) beider Seiten zu einem einzigen unpaaren, in der Mitte ungeteilten Kern verschmelzen (Fig. 6 u. 7, N. l. und N. c.). Unter dem Linsenkern kann man mit einiger Wahrscheinlichkeit die vordere Kommissur erkennen (Fig. 7, C. a.).

Das Riechhirn fehlt gänzlich. Wir finden weder den Bulbus olfactorius, noch den Tractus olfactorius, noch die Lobi olfactorii.

Die Sehhügel sind sehr klein und in großem Umfange nach vorn miteinander verwachsen (Fig. 8—10, Th. o.). Die Gestaltung der Gehirnvventrikel stellt sehr bedeutende Abweichungen von der Norm dar (Fig. 6—11). Vor allem fällt das Fehlen der Vorderhörner der Seitenventrikel im gewöhnlichen Sinne dieses Wortes auf. Die horizontale Spalte, welche zwischen dem Balken und dem Nucleus caudatus liegt, geht in kaudaler Richtung in der Mittellinie in den III. Ventrikel, lateralwärts in die Seitenventrikel über, sie entspricht demnach auch dem Foramen Monroi. Die hintere Grenze dieser Öffnung kann man in der Stria terminalis erblicken, welche zwischen den verwachsenen Sehhügeln und dem unpaarigen Nucl. caudatus halbmondförmig verläuft und den Ansatzpunkt der Tela chorioidea sowie Plexus chorioideus bildet. In kaudaler Richtung gestalten sich die Ventrikel ungefähr normal.

In anderen Teilen des Gehirns konnten keine größeren Abweichungen von der Norm wahrgenommen werden.

Theoretische Folgerungen.

Faßt man die Resultate der anatomischen Untersuchung des beschriebenen Gehirns zusammen, so muß vor allem hervorgehoben werden, daß das Frontalhirn in seinem basalen Teile nicht in Hemisphären geteilt ist (Fig. 2 u. 3). Desgleichen sind die Großhirnganglien: Nucleus caudatus et lentiformis (Fig. 6 u. 7) sowie teilweise die Sehhügel (Fig. 8 u. 9) nach vorne zu verschmolzen und unpaarig.

Eine Lamina terminalis in eigentlichem Sinne fehlt im ungeeilten fronto-basalen Teile des Gehirns (Fig. 2, 3 u. 5). Während sie gewöhnlich in der Mittellinie, tief in der longitudinalen Hirnspalte liegt und nach vorne als dünne Platte den dritten Ventrikel abschließt, finden wir bei dem beschriebenen Gehirn umfangreiche Hirnwindungen, die von einer Seite zur anderen verlaufen, und in der Tiefe ungeteilte basale Großhirnganglien.

Die Gestaltung der medialen Hemisphärenwand verdient besondere Beachtung. Die unvollkommene Teilung der fronto-basalen Teile des Gehirns in Hemisphären sowie die Hypertrophie der Gegend der Lamina terminalis konnte auf die Entwicklung der Kommissuren des Gehirns nicht ohne Einfluß bleiben. Die Commissura anterior kann mit einiger Wahrscheinlichkeit erkannt wer-

den; man sieht nämlich unter dem Linsenkern nicht myelinisierte Bündel von Fasern, die in querer Richtung verlaufen (Fig. 7, C. a.). Diese Kommissur würde also in der Gegend liegen, die ich als hypertrophische *Lamina terminalis* bezeichne. Die eigentliche mediale Hemisphärenwand beginnt in frontaler Richtung dort, wo die longitudinale Hirnspalte deutlich die Teilung des Gehirns in Hemisphären bewirkt, d. h., wo auf dem Querschnitt der verdünnte, mit einer Schicht reduzierter Hirnrinde bedeckte Balken erscheint (Fig. 6 u. 7, C. c.). Dieser vordere Abschnitt der medialen Hemisphärenwand unterscheidet sich jedoch ganz wesentlich vom normalen; es fehlen ihm: *Septum pellucidum*, *Ventriculus septi pellucidi*, *Fornix*, *Genu corporis callosi*, *Tela chorioidea* und *Plexus chorioideus*. Erst in kaudaler Richtung gestaltet sich die mediale Hemisphärenwand etwas mehr normal. Der Balken wird nach hinten zu bedeutend stärker; man findet jedoch auch weiter darunter nichts, was als Gewölbe angesehen werden könnte. Ebenso wenig läßt sich das *Psalterium* deutlich unterscheiden; erst in den letzten hinteren Balkenquerschnitten sieht man auf seiner unteren Fläche Nervenfasern verlaufen, welche wenigstens zum Teil als *Psalterium*, Kommissur der Ammonshörner betrachtet werden können (Fig. 11, Ps.). Beinahe normal gestalten sich die Ammonshörner. In Verbindung mit diesen können wir deutlich *Tela chorioidea* und *Plexus chorioideus* wahrnehmen, welche die Unterhörner und Seitenventrikel ausfüllen, oberhalb der Sehhügel verlaufen und sich entlang der *Stria terminalis* anheften (Fig. 8—10, P. ch. und T. ch.). Die *Stria terminalis* verläuft hier bogenförmig, nach vorn konvex, zwischen den ungeteilten Großhirnganglien und den Sehhügeln.

Um alle diese Störungen richtig zu beurteilen, müssen wir auf den Zeitpunkt der Entwicklung des Gehirns zurückgreifen, in dem der Vorderteil des embryonalen Gehirns noch als ein einfaches Bläschen erscheint. Nach den Ansichten von His, Mihalkovics, Köllicker, Hertwig u. a., welche allgemein in der Embryologie anerkannt werden, zerfällt das primäre Vorderhirn (*Prosencephalon*) in seiner weiteren Entwicklung in zwei Teile: den Vorderteil bildet das sekundäre Vorderhirn (*Telencephalon*), den Hinterteil das Zwischenhirn (*Diencephalon*). Bald nach dieser Teilung des primären Vorderhirns in das sekundäre Vorderhirn und Zwischenhirn bildet das *Telencephalon* den Ausgangspunkt

zweier sich lateralwärts ausstülpenden Bläschen, indem das Telencephalon in der Mittellinie sich weniger schnell entwickelt und das Bindegewebe, welches das Nervenrohr umgibt, dort einen Fortsatz bildet, der sich von vorne und von oben entwickelt und zwischen die zwei entstehenden Hälften des Telencephalon immer tiefer eindringt. Dieser bindegewebige Fortsatz stellt die Hirnsichel (*Falx cerebri*), die beiden Hälften des Telencephalon die Anfänge der zukünftigen Hemisphären dar. Die letzteren haben konvexe äußere Flächen, verlaufen flach entlang der Mittellinie, wo sie einander eng anliegen, und verbinden sich in der Tiefe der longitudinalen Hirnspalte durch eine dünne Platte, die Schlußplatte (*Lamina reuniens*). Der untere Abschnitt dieser Platte bleibt auch bei Erwachsenen als Abgrenzung des dritten Ventrikels von vorne erhalten.

Beim Vergleich dieser normalen Entwicklung des Vorderhirns mit dem beschriebenen Gehirn fällt eine Analogie auf zwischen dem anfänglich unpaarigen, sekundären Vorderhirn und unserem, nicht vollkommen in Hemisphären geteilten Gehirn. Diese Analogie wurde bereits von Mihalkovics, Kundrat u. a. hervorgehoben. In der mangelhaften Teilung des Gehirns müssen wir also ein Resultat der partiellen Fixierung des embryonalen Stadiums erkennen, in welchem das anfängliche sekundäre Vorderhirn unpaarig auftritt.

Vergleichen wir die embryologische Entwicklung des normalen Gehirns mit unserem Befund, so sehen wir, daß in diesem Gehirn in der Gegend der *Lamina terminalis* eine prinzipielle Störung stattgefunden hat. Diese Tatsache ist geeignet, zur Aufklärung der partiellen Fixierung des embryonalen Stadiums sowie der ganzen Hirnmißbildung in diesem Fall beizutragen. Die Gegend der *Lamina terminalis* wucherte sehr stark; im Zusammenhang damit wurde die Teilung der Hemisphären in dem fronto-ventralen Abschnitt des Vorderhirns unmöglich; das Riechhirn wurde in seiner Entwicklung gestört, und das anfänglich unpaarige Telencephalon wurde in diesem Teile des Gehirns fixiert. In den entlegeneren Bezirken, also in dorso-kaudaler Richtung formten sich die Hemisphären ungefähr normal. Hier entwickelte sich auch die mediale Hemisphärenwand und das Kommissurensystem in annähernd normaler Weise. Die gefundenen Bilder erweisen sich so deutlich als eine Störung in der Entwicklung des vordersten medialen Teiles

des Telencephalon, als eine übermäßige Wucherung der Lamina terminalis und des angrenzenden Gebietes, daß man sich durchaus nicht veranlaßt sieht, eine sekundäre Verwachsung von bereits geteilten Hemisphären anzunehmen, wie man dies in Fällen ähnlicher Mißbildungen wiederholterweise getan hat (Hadlich, 1880; Seligmann, 1898; Balint, 1899). Die Hypothese einer sekundären Verwachsung der schon ausgestalteten Hemisphären hätte in einem ähnlichen Falle eine gewisse Wahrscheinlichkeit, wenn man an der Verwachsungsstelle irgend welche für die ausgebildete mediale Hemisphärenwand charakteristische Gebilde, wie z. B. Septum pellucidum, Ventriculus septi pellucidi, Genu corporis callosi oder Fornix fände. Wie wir jedoch sahen, fehlen diese Gebilde gänzlich. Die Annahme einer Entwicklungsstörung des Telencephalon in seinem fronto-ventralen Teile zur Zeit der Entstehung der Gehirnhemisphären erklärt viel einfacher und natürlicher die bei diesem Gehirn gefundenen Verhältnisse.

Während uns Anhaltspunkte für die Annahme einer sekundären Verwachsung der Gehirnhemisphären fehlen, läßt sich die Verschmelzung der beiderseitigen Großhirnganglien durch Hineinwachsen derselben in die wuchernde Gegend der Lamina terminalis leicht erklären.

Ebenso kann man die oben angeführte Tatsache, daß die beiden Sehhügel viel bedeutender als normal (in der Commissura media s. mollis) miteinander verwachsen sind, als eine sekundäre Verwachsung betrachten. Ihre starke Verwachsung in der Richtung nach vorne kann man als eine mechanische Folge der Entwicklung der in der Mittellinie verschmolzenen Großhirnganglien auffassen: die Großhirnganglien, welche die Sehhügel nach vorne zu halbmondförmig umfassen, haben bewirkt, daß die inneren Flächen der Sehhügel, welche gewöhnlich nur durch die Commissura mollis verbunden sind, in bedeutend größerem Umfange als normal einander genähert wurden; dadurch wurde ihre Verwachsung gefördert.

Kurz zusammenfassend kann man also sagen: Die Störung betraf den fronto-basalen Abschnitt des sekundären Vorderhirns zur Zeit der Entwicklung der Hemisphärenblaschen und äußerte sich in der abnormen Wucherung der Gegend der Lamina terminalis, so daß das Telencephalon nach vorn ungeteilt blieb, ferner in dem Mangel des Riechhirns und in der anormalen Gestaltung des vor-

deren Teils der medialen Hemisphärenwand, vor allem aber in der mangelhaften Entwicklung des Corpus callosum. Diese Mißbildung stellt somit ein Beispiel einer Entwicklungsstörung dar, die nicht nur durch Mangel gewisser Gebilde (*Monstrum per defectum*), sondern auch durch Hypertrophie mancher anderer (*Monstrum per excessum*) gekennzeichnet ist. Für diese Annahme sprechen ferner die nachstehend besprochenen Eigentümlichkeiten der Hirnrinde.

Die Hirnrinde, die sich in ihrem Aufbau der Norm nähert, zeigt eine sehr interessante Anomalie in der Gegend, wo die longitudinale Hirnspalte nach vorne endet. In dieser Gegend (Fig. 5 u. 6, St. c. v. d.) finden wir nämlich einen anormalen Bau der Hirnrinde, der dem sog. *Status corticis verrucosus* entspricht (Retzius, Ranke). Eine Erscheinung, die als Begleiterscheinung — soweit mir bekannt ist — in einem ähnlichen Komplex noch nicht beschrieben wurde.

Der *Status corticis verrucosus deformis*, wie er in unserem Falle vorkommt, beruht auf der Faltung der Hirnrindenschichten unter ihrer Oberfläche, an der Stelle, wo die Hemisphärenteilung nur angedeutet ist. In kaudaler Richtung, wo die longitudinale Hirnspalte gut entwickelt ist und wo die Hemisphären geteilt sind, besteht dieser Zustand nicht; hingegen ist er im frontalen Teil vorhanden, wo die Teilung nur angedeutet ist und wo normalerweise eine Furche bestehen sollte. Ähnliche Faltungen der Hirnrindenschichten gehen in der normalen Hirnentwicklung der Bildung der Furchen voran.

Man kann ferner annehmen, daß der geschilderte *Status corticis verrucosus* ein Folgezustand der übermäßig wuchernden Hirnrinde ist und — ebenso wie die hypertrophische Gegend der *Lamina terminalis* — eine Entwicklungsstörung *per excessum* darstellt. Für diese Annahme spricht auch die Tatsache, daß der geschilderte *Status corticis verrucosus* in kaudaler Richtung allmählich in die Hirnrinde übergeht, welche die ganze äußere Fläche des Balkens in ganz ungewöhnlicher Weise bedeckt. Die Bedeckung des Balkens durch die graue Substanz (*Indusium griseum*) nimmt in normalem Gehirn niemals einen so großen Umfang an.

Wenn wir das beschriebene Gehirn unter die uns bekannten Mißbildungen einreihen wollen, stellen sich uns gewisse Schwierigkeiten in den Weg, welche auf die Mängel der bestehenden teratologischen Klassifikation zurückzuführen sind. Gewöhnlich werden die klinisch oder anatomisch auffallenden Merkmale bei der Klassifikation der Mißbildungen hervorgehoben und in der einen Gruppe werden behandelt die Störungen: Cyklopie, Synopie, Synophthalmie, Cyklencephalie, Cebrocephalie, Arhinencephalie, Ethmocephalie (Trigonocephalie, Oocephalie), in der anderen Gruppe wiederum die Störungen, die durch Balkenmangel gekennzeichnet sind, dann wieder in einer Gruppe Störungen mikrocephalischer Natur u. s. w. Kundrat faßt alle die in der ersten Gruppe angeführten Mißbildungen unter dem Namen von Arhinencephalie zusammen und hofft, daß man ihr in Zukunft — wenigstens zum Teil — auch Entwicklungsstörungen anreihen wird, die man in anderen Teilen der Teratologie unter dem Namen der Mikrocephalie, Balkenmangel u. s. w. kennt.

Die Analyse des beschriebenen Gehirns zeigt, daß die Arhinencephalie, d. h. der Mangel des Riechhirns nur eines der Merkmale dieser Entwicklungsstörung ist; gleichzeitig sehen wir unvollkommene Teilung der Hemisphären, Unpaarigkeit der basalen Großhirnganglien, Wucherung in der Gegend der Lamina terminalis und anormale Gestaltung der medialen Hemisphärenwand. Nur eine auf Grund der embryonalen Entwicklung vorgenommene Analyse kann ergeben, ob diese Störungen gleichzeitige und vollkommen voneinander unabhängige Abweichungen von der Norm sind, oder ob sie in kausalem, genetischem Zusammenhange stehen. Unter Berücksichtigung der normalen Entwicklung muß man also klarstellen, welche Stelle des sich entwickelnden Gehirns die Störung betroffen hat, wie weit sie sich ausdehnt und in welchem Zeitpunkte sie sich geltend gemacht hat. Die Arhinencephalie weist in jedem Fall darauf hin, daß ihr, wie ich oben dargelegt habe, eine Störung des fronto-basalen Teils des Telencephalon unmittelbar vor der Stelle der abgeschnürten Augenblasen zugrunde liegt. Was den Entstehungszeitpunkt dieser Störung betrifft, so muß sie in der Entstehungszeit der Hemisphären, d. i. im zweiten Monat der embryonalen Entwicklung aufgetreten sein. Sobald die Störung die fronto-basalen Teile des Telencephalon noch früher ergreift, und zwar in weiterem Umfange bis zu der Stelle, wo die Augenblasen

entstehen, entwickelt sich die Anophthalmie, beziehungsweise die Cyklopie. Die letztere Erscheinung ist regelmäßig mit Arhinencephalie verbunden, denn eine so frühzeitige Störung an der Stelle der sich bildenden Augenblasen muß auf die Entwicklung der am nächsten nach vorn gelegenen Hirnteile einwirken, also in erster Linie auf die Entwicklung des Riechhirns. Außer der Anomalie des Riechhirns äußert sich die der Cyklopie zugrunde liegende Störung in der hochgradigen Verbildung der Hemisphären. Bei dem von mir untersuchten Gehirn, in welchem die Störung nur diejenigen Partien des Telencephalon betraf, die nach vorne zu von den sich normal entwickelnden Augenblasen gelegen sind, konstatierten wir als Folgeerscheinung der Störung in dem fronto-basalen Abschnitt des Telencephalon die oben aufgezählten Anomalien, also: die Wucherung der Gegend der Lamina terminalis, die partielle Fixierung des einfachen Vorderhirns, den Mangel des Riechhirns, sowie anormale Gestaltung der medialen Hemisphärenwand. Alle genannten Merkmale stehen miteinander in engstem Zusammenhange.

Die als Arhinencephalien von Kunderat erkannten Mißbildungen erscheinen demnach, embryologisch geprüft, als Störungen im Gebiete des sich entwickelnden Telencephalon, es ist somit zweckmäßig, sie unter einem gemeinsamen Namen als Dystelencephalien, d. h. Mißbildungen des Telencephalon, zusammenzufassen und sie nach embryologischen Entwicklungsstadien zu unterscheiden. Diese Bezeichnung würde also jene Mißbildungen des Telencephalon umfassen, die auf solche Störungen zurückzuführen sind, welche das Gehirn nach der Abgrenzung des Telencephalon vom Diencephalon ergriffen haben. Wenn wir die Entwicklung des Gehirnes weiter zurückverfolgen wollen, so finden wir an der Spitze aller Großhirnmißbildungen Fälle von partieller oder totaler Anencephalie, Cranioschisis u. s. w., Störungen, die aus früheren Entwicklungsstadien herkommen. In allen diesen Mißbildungen bleibt der orale Abschnitt des zentralen Nervensystems teilweise oder gänzlich, für sich allein oder samt den anderen Hirnteilen, im Stadium der Entwicklung der Medullarplatte, -rinne oder des Medullarröhrenchens.

Sieht man nun von diesen allerfrühesten Großhirnmißbildungen ab und faßt man nur die als Dystelencephalien, d. h. Entwicklungsstörungen des Telencephalon vorkommenden Mißbildungen

näher ins Auge, so würden dieselben in eine Reihe kleinerer Gruppen zerfallen, je nach Ort und Entstehungszeitpunkt, in welchem die Entwicklungsstörung auftritt. An der Spitze dieser Gruppe stünden Fälle von ungeteiltem Telencephalon mit mangelhafter Entwicklung der Seh- und Riechnerven (Anophthalmie, Cyklopie), dann kämen solche Störungen, die nach der normalen Abschnürung der Augenblasen den vorderen Teil des Telencephalon betroffen haben und Arhinencephalien darstellen, sodann Störungen, die sich als Anomalien der medialen Hemisphärenwand erweisen (Balkenmangel), und schließlich mehr oder weniger diffuse Entwicklungsstörungen der Gestaltung der Hemisphärenwand, zu denen man die Mehrheit der sog. Mikrocephalien zählen kann (Heterotopie, Mikro- und Makrogyrie, Status corticis verrucosus deformis, Porencephalie u. s. w.).

Die Klassifikation der Mißbildungen des Telencephalon würde demnach folgendermaßen aussehen:

1) Störungen in den fronto-basalen Teilen des Telencephalon, in welchen sich die Augenblasen bilden (Anophthalmie, Cyklopie);

2) Störungen in den fronto-basalen Teilen des Telencephalon aus der Zeit der Entstehung der Gehirnhemisphären, nach der normalen Abschnürung der Augenblasen (Arhinencephalie);

3) Störungen der morphologischen Bildung der medialen Hemisphärenwand (Balkenmangel, seine Anomalien);

4) mehr oder weniger diffuse Entwicklungsstörungen der Gestaltung der Hemisphärenwand (Heterotopie, Mikro- und Makrogyrie, Status corticis verrucosus deformis, Porencephalie u. s. w.).

Die große Gruppe der Entwicklungsstörungen des Gehirns, Dystelencephalie genannt, stellt somit eine kontinuierliche Reihe von Mißbildungen dar, wobei die aus den früheren Perioden hervorgehenden Mißbildungen, also die den ersten Gruppen angehörenden eine ganze Reihe von Merkmalen der aus der späteren Zeitperiode stammenden, d. i. den letzten Gruppen angehörenden Mißbildungen aufweisen. In unserem Falle also, der eine recht frühzeitige, aus der Zeit der Bildung der Hemisphären stammende Störung darstellt und den wir zur zweiten Gruppe zählen, finden wir Merkmale späterer Störungen, d. i. der dritten und vierten Gruppe: Anomalien der Bildung der medialen Hemisphärenwand, Störungen der Gestaltung der Hemisphärenwand (Status corticis verrucosus deformis, Makrogyrie). Umgekehrt jedoch finden wir

in einem Gehirn, daß ausschließlich Entwicklungsstörungen der Hemisphärenwand, also später entstandene Störungen der letzten Gruppe aufweist, keinerlei Störungen der vorangegangenen Gruppen, wie: Balkenmangel, anormale Gestaltung der medialen Hemisphärenwand, Mangel des Riechhirns u. s. w. Als bestimmend für die Stellung in der vorstehenden Klassifikation sind die Merkmale anzusehen, die sich aus der allerfrühesten Entwicklungsperiode des Gehirns herleiten lassen; die Merkmale aus den späteren Zeitperioden sind als sekundäre zu betrachten. Es sei dabei bemerkt, daß die den ersten Gruppen angehörenden Mißbildungen das betroffene Individuum am häufigsten lebensunfähig machen, während die Entwicklungsstörungen aus den späteren Zeitperioden, also den letzten Gruppen der Dystelencephalie, seltener die Lebensunfähigkeit des Betroffenen bedingen.

Die obigen Ausführungen lassen die sog. Mikrocephalien, die in der klinischen Literatur als besondere Gruppe angeführt werden, in einem anderen Licht erscheinen. Die Untersuchung der als Mikrocephalien beschriebenen Fälle beweist sofort, daß ihnen in anatomischer Beziehung die mannigfaltigsten Störungen zugrunde liegen. Nur in der Verkleinerung des Schädelfumfangs und des Gehirns liegt das Gemeinsame dieser Fälle. Dieses Merkmal ist jedoch eine sekundäre Erscheinung und kann als solche keineswegs als Grundlage zu einer Klassifikation benutzt werden. Was bisher als Mikrocephalie bezeichnet wurde, stellt sich als Begleiterscheinung der Dystelencephalie dar, die nach dem Zeitpunkt der Entstehung der Störung und nach dem Ort ihrer Lokalisierung die oben angeführten Hauptmerkmale aufweist.

Aus dem Anatomischen Laboratorium der Psychiatrisch-neurologischen Klinik der Jagellonischen Universität in Krakau (Direktor: Prof. Dr. J. Piltz).

Erklärung der Zeichen in den Abbildungen.

- A. = Amygdala.
- C. i. = Capsula interna.
- C. a. = Commissura anterior.
- C. A. = Cornu Ammonis.
- C. c. = Corpus callosum.
- F. = Fimbria.
- F. c. = Fissura calcarina.

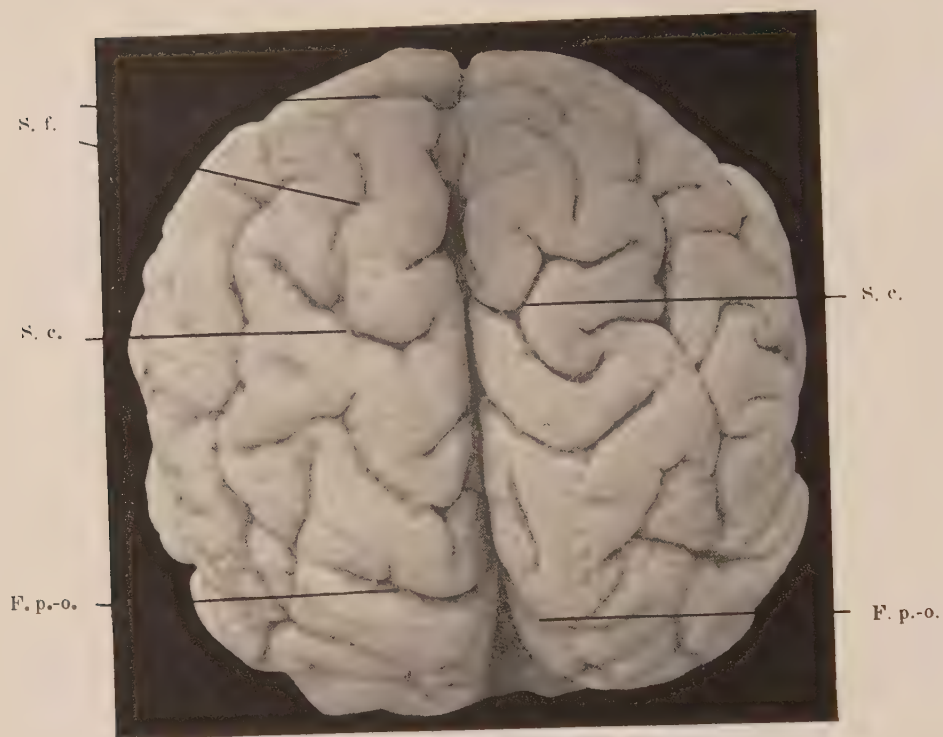
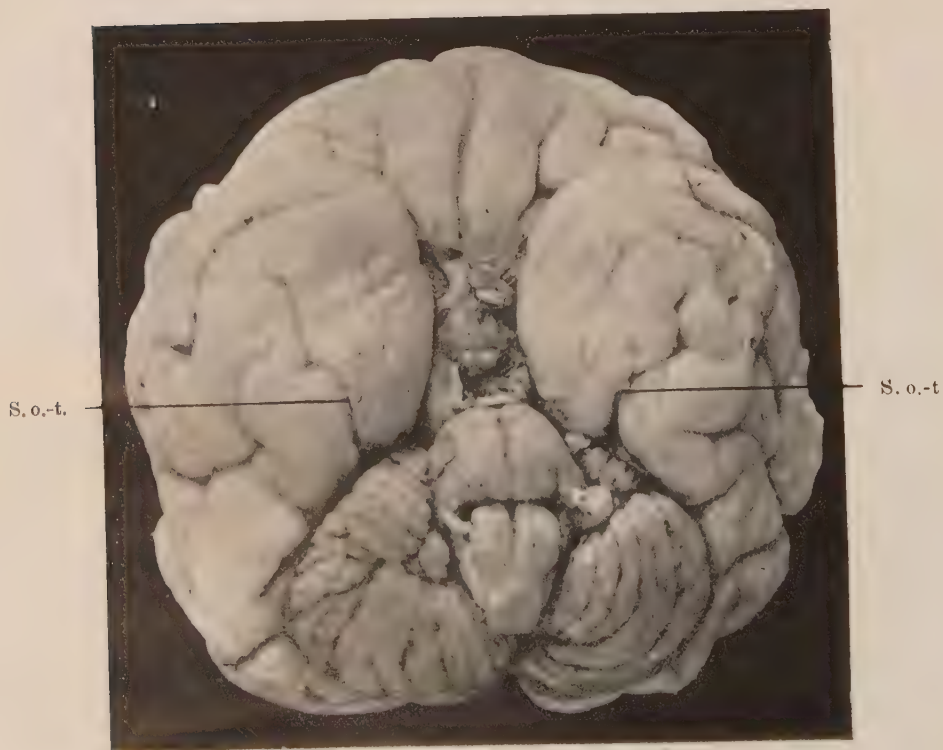


Fig. 1.



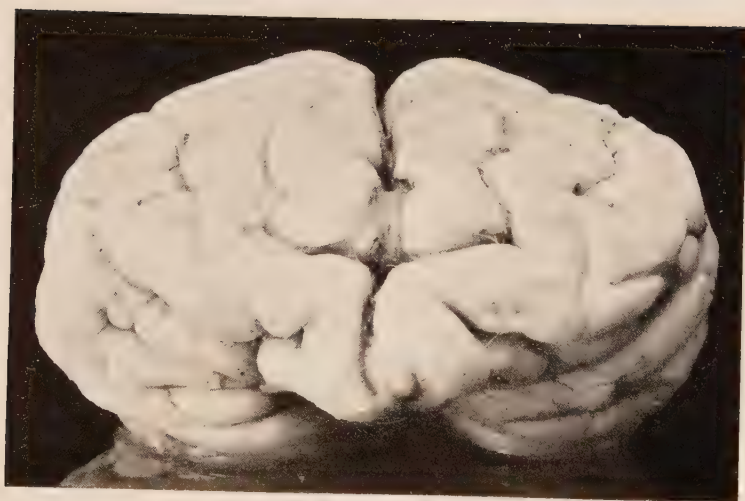


Fig. 3.

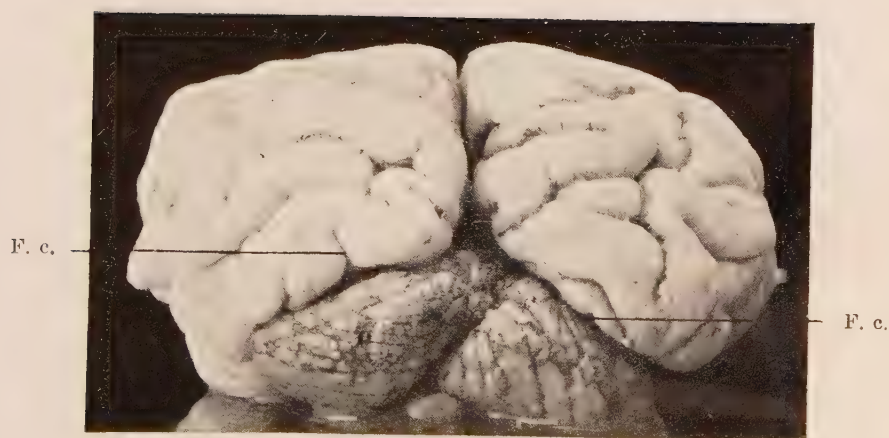
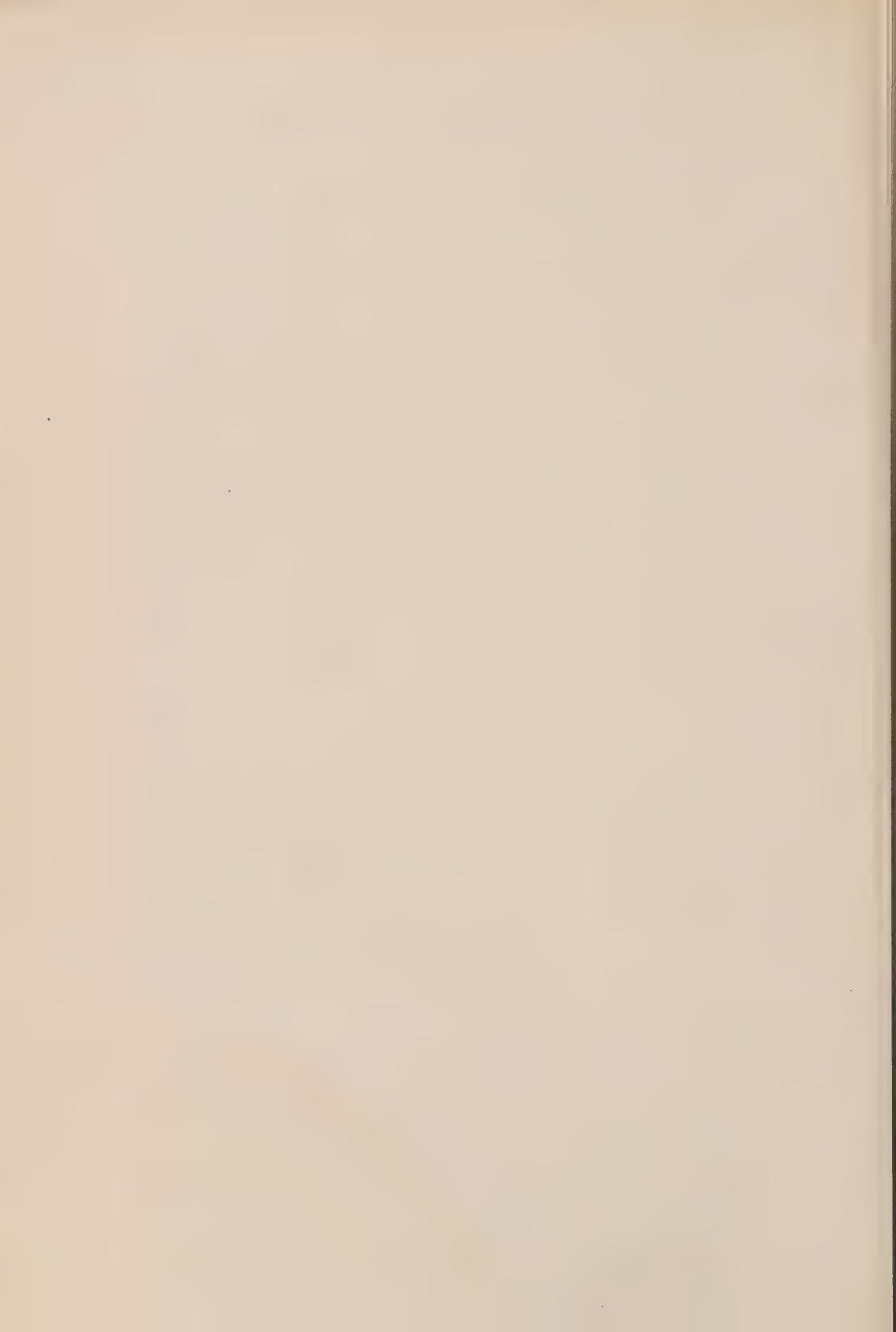
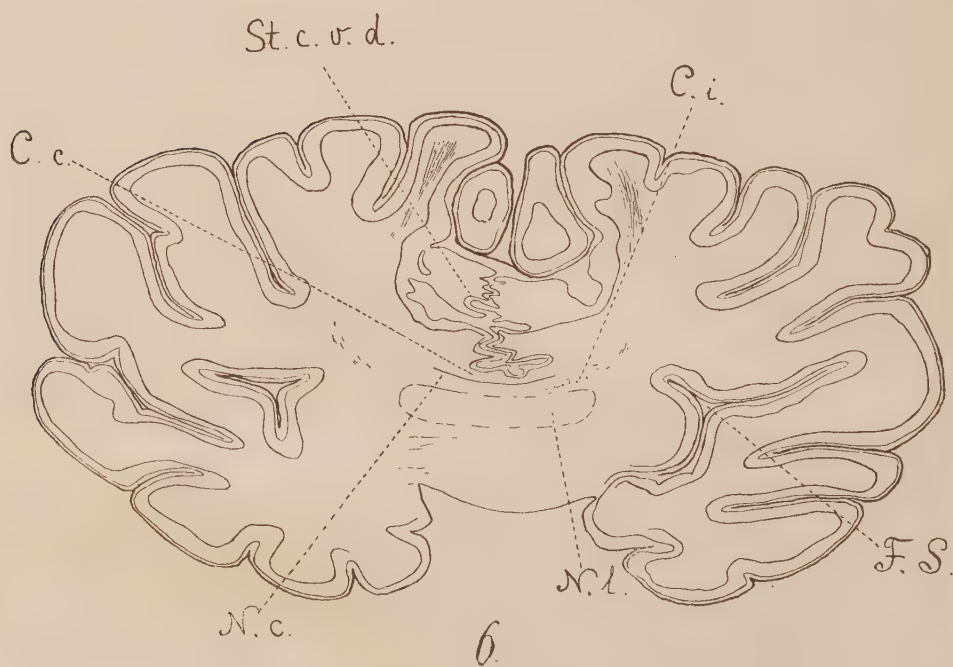
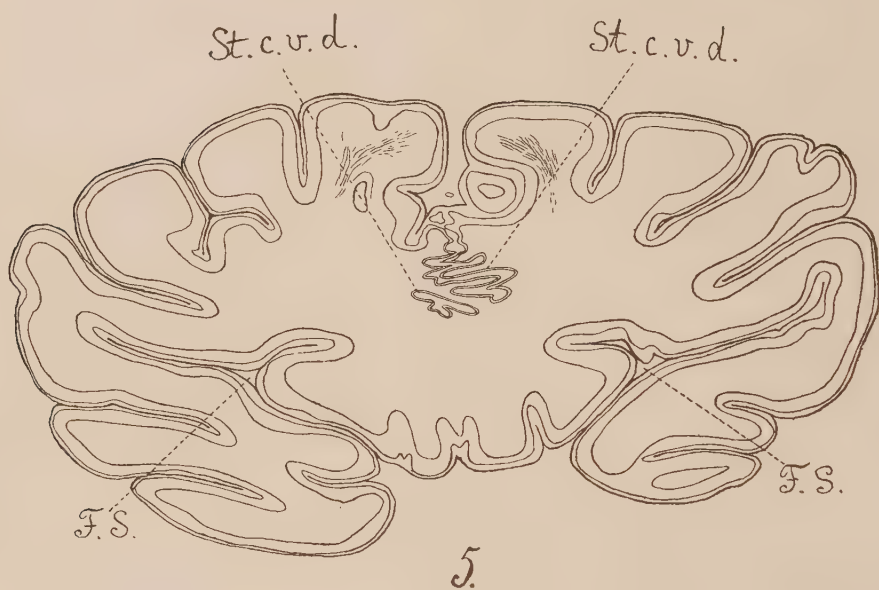
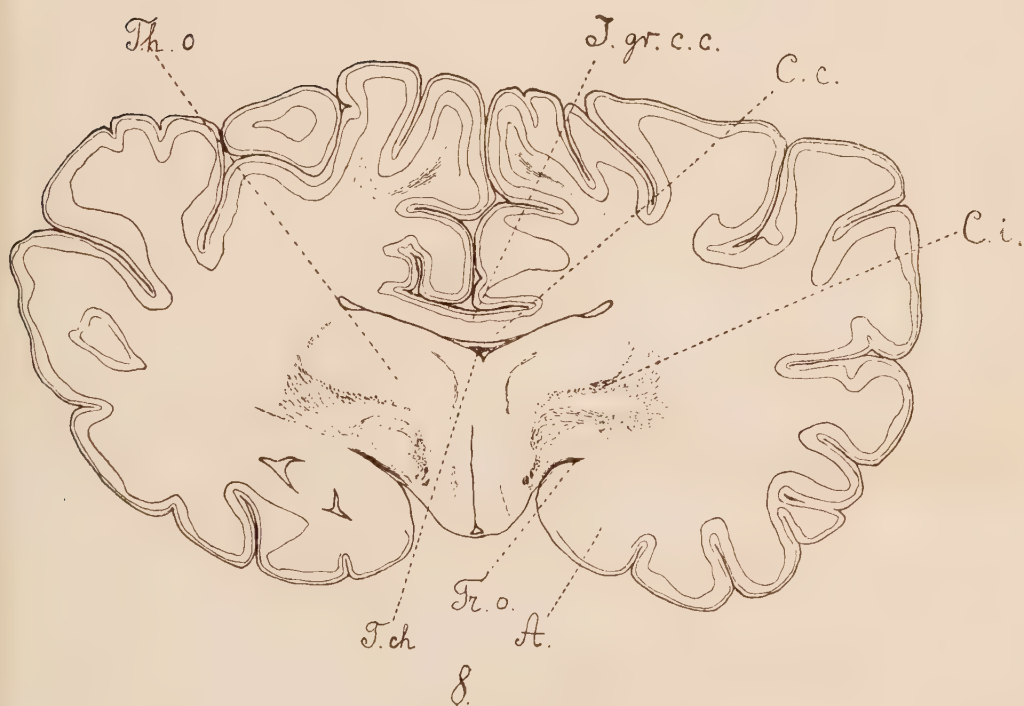
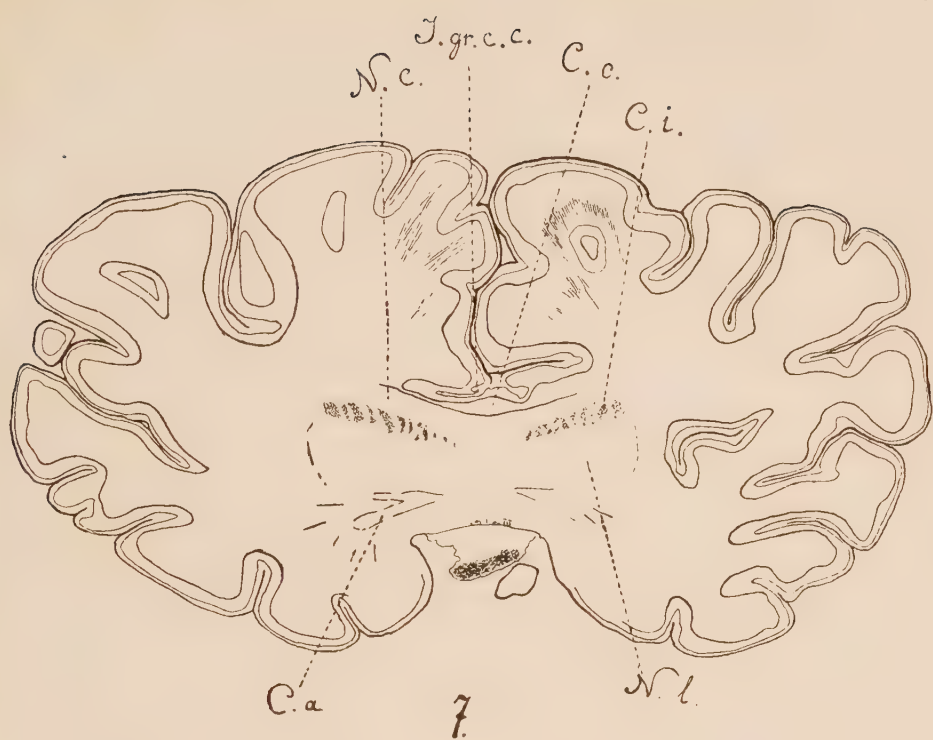
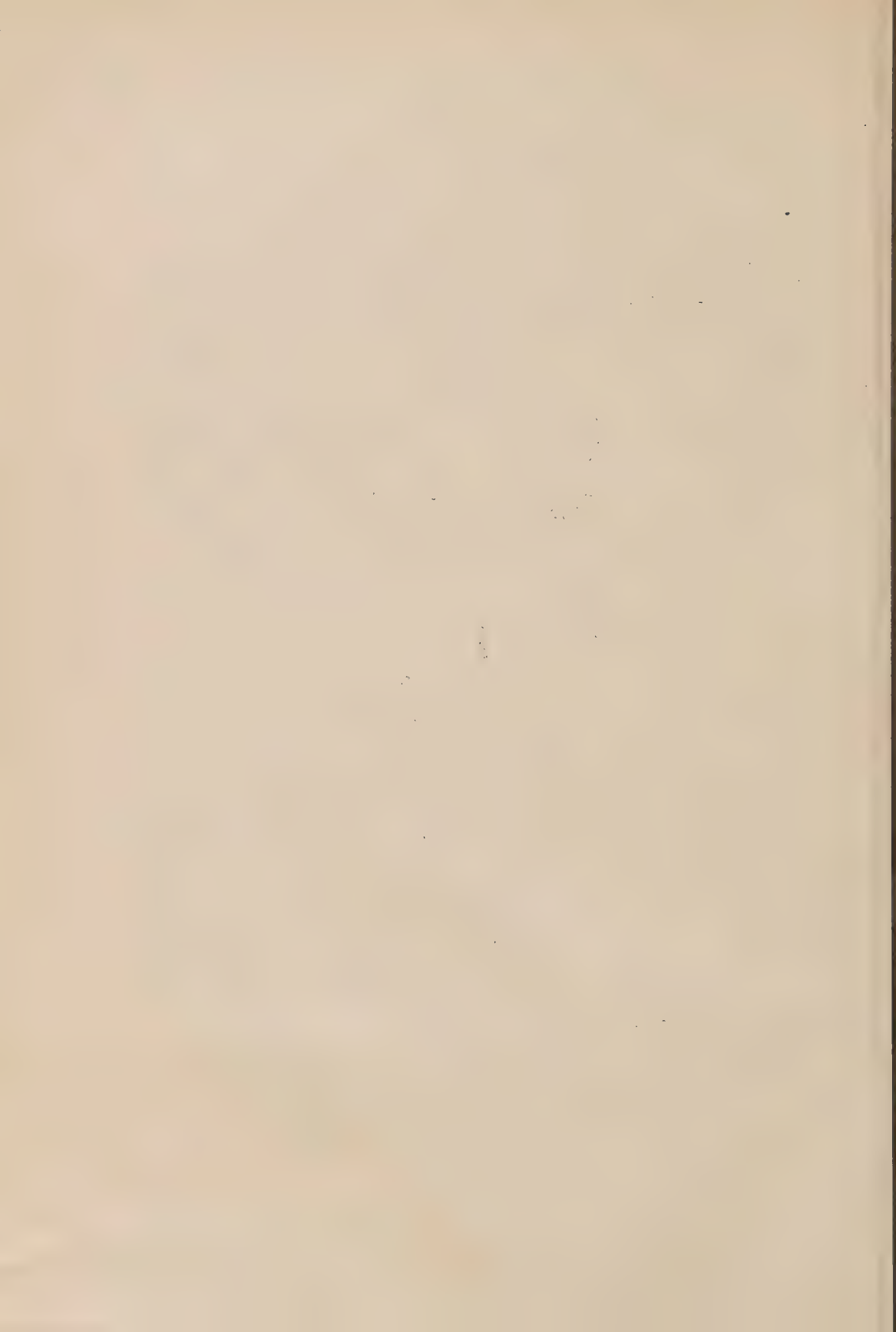


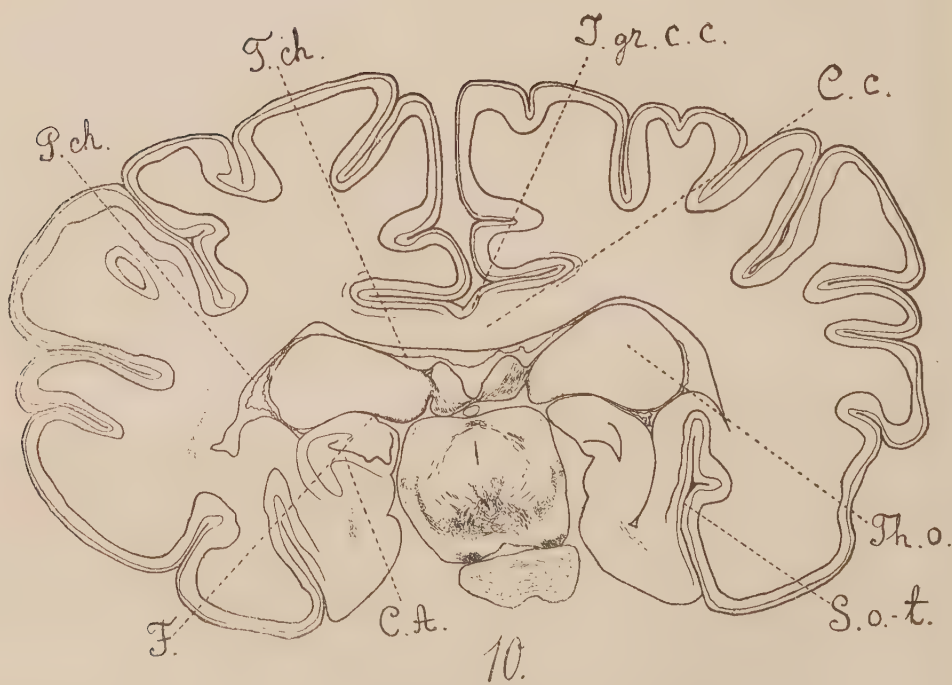
Fig. 4.

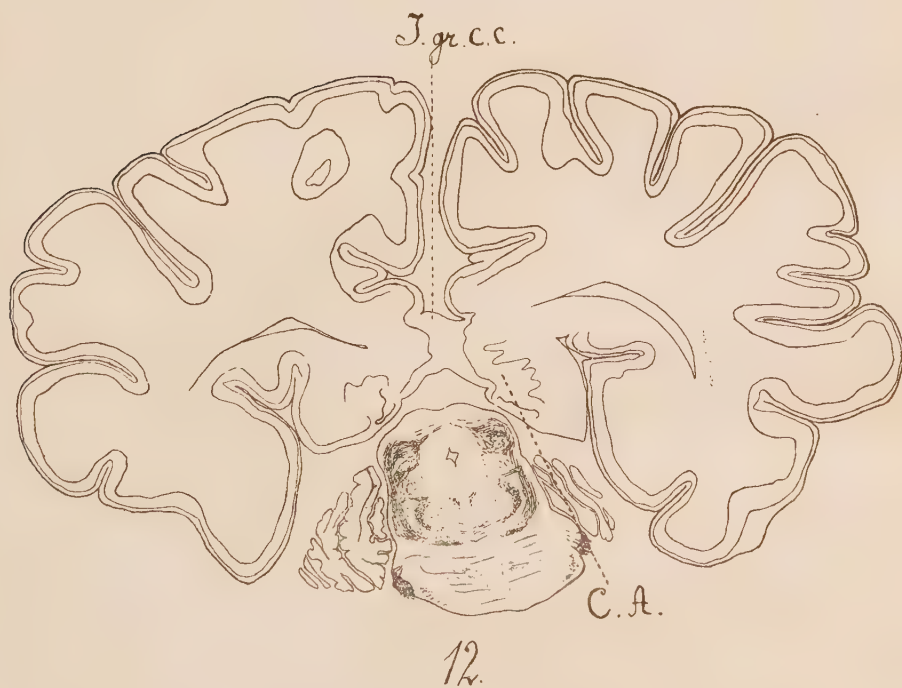
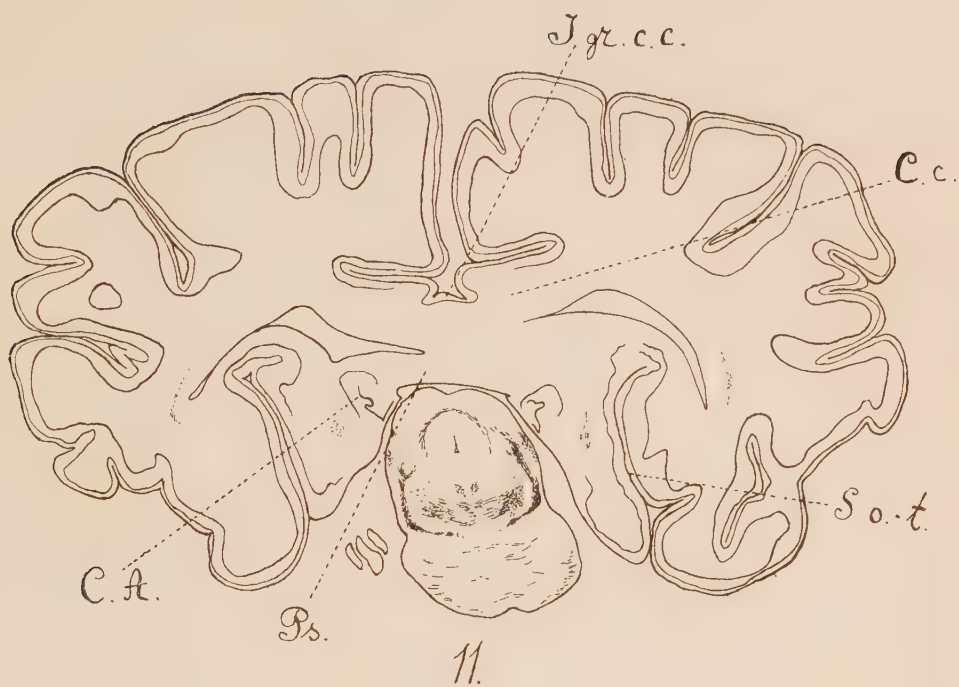


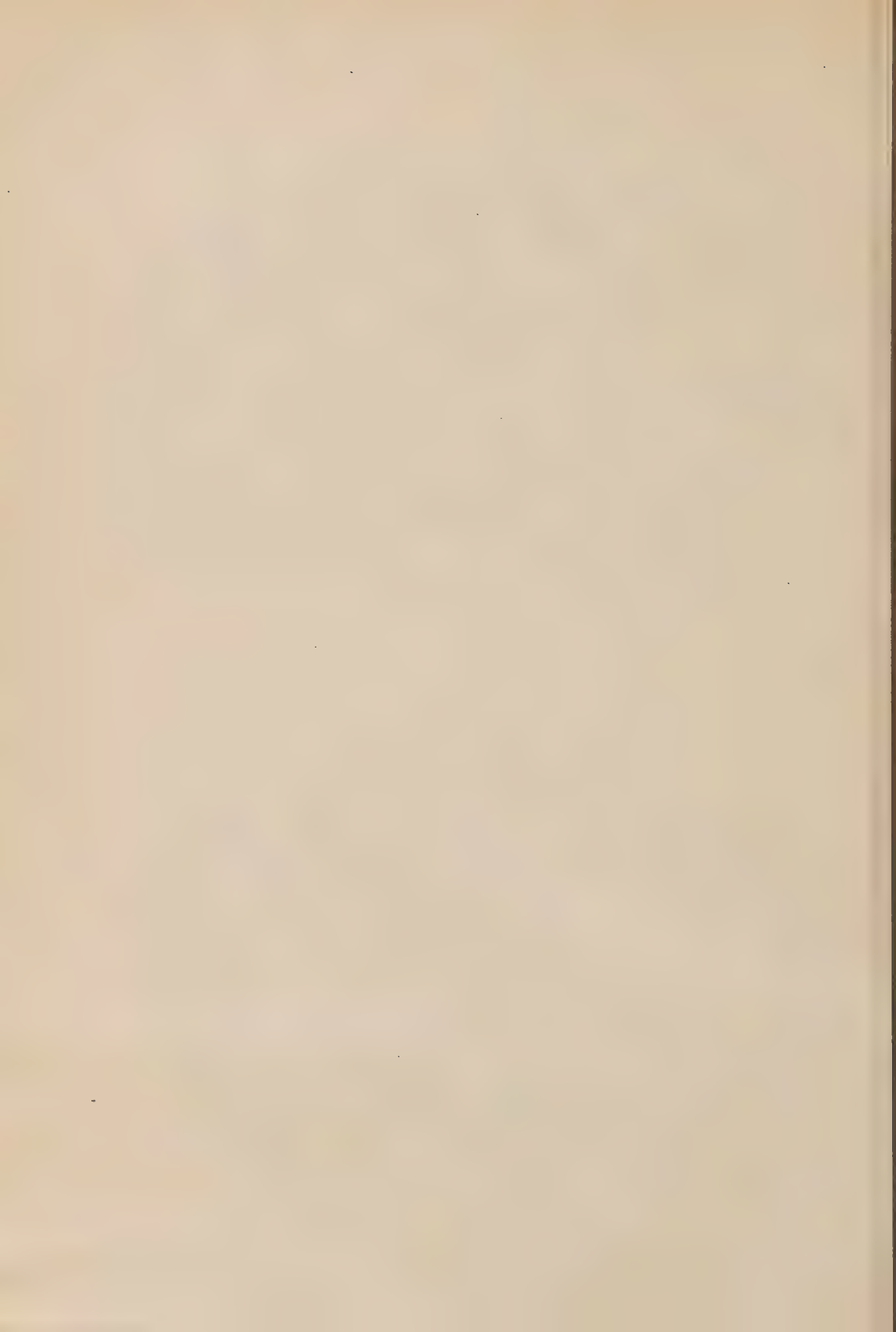












- F. p. o. = Fissura parieto-occipitalis.
 F. S. = Fissura Sylvii.
 I. gr. c. c. = Indusium griseum corporis callosi.
 N. c. = Nucleus caudatus.
 N. l. = Nucleus lentiformis.
 P. ch. = Plexus chorioideus.
 Ps. = Psalterium.
 S. c. = Sulcus centralis.
 S. f. = Sulcus frontalis.
 S. o. t. = Sulcus occipito-temporalis s. collateralis.
 St. c. v. d. = Status corticis verrucosus deformis.
 T. ch. = Tela chorioidea.
 Th. o. = Thalamus opticus.
 Tr. o. = Tractus opticus.

Literatur.

1. 1824 Tiedemann, Zeitschr. für Physiol., Bd. I, Heft I.
2. 1826. Meckel, Über Verschmelzungsbildungen, Arch. f. Anat. und Phys., Bd. I.
3. 1832. Huschke, Über die erste Entwicklung des Auges und die damit zusammenhängende Cyklopie. Meckel's Archiv. f. Anatomie und Physiologie.
4. 1832—36 Geoffroy St. Hilaire, Histoire générale et particulière des anomalies etc. Paris.
5. 1841. Otto, Monstrorum DC descriptio anatomica.
6. 1879. Aeby, 4-jähr. mikroceph. Knabe mit Verschmelzung der Gehirnhemisphären. Virch. Arch., Bd. LXXVII.
7. 1879. Rohon, Arbeiten aus dem Zoolog. Institut Wien, Bd. II.
8. 1880. Hadlich, Gehirnmißbildungen mit Verwachsung beider Hemisphären. Arch. f. Psychiatr., Bd. X.
9. 1880. Wille, L., Ein Fall von Mißbildungen des Großhirns. Arch. f. Psychiatr., Bd. X.
10. 1882. Kundrat H., Arhinencephalie als typische Art von Mißbildung. Graz.
11. 1891. Dareste Camille, Recherches sur la production artificielle des monstruosités. Paris.
12. 1897. Naegeli O., Über eine neue mit Cyklopie verknüpfte Mißbildung des Zentralnervensystems. Arch. f. Entwicklungsmechanik, V. Bd., I. Heft.
13. 1898. Seeligmann R., Ein neuer Fall von partieller Verwachsung beider Großhirnhemisphären. Arch. f. Psychiatr., Bd. XXX.
14. 1899. Bálint, R., Über einen Fall von anomaler Gehirnentwicklung, Arch. f. Psychiatr. Bd. XXXII.
15. 1901. v. Monakow, C., Mißbildungen des Zentralnervensystems. Lubarsch Ostertags Ergebnisse, Jahrgang VI.
16. 1904 Anton, G., Hydrocephalien. Entwicklungsstörungen des Gehirns. Handbuch der patholog. Anatomie des Nervensystems, herausgegeben von E. Flatau, L. Jacobsohn und L. Minor, Bd. I.

17. 1904. His, W., Die Entwicklung des menschlichen Gehirns während der ersten Monate. Leipzig. Verlag von S. Hirzel.
 18. 1904. v. Leonowa v. Lange, O., Ein Fall von Cyklopie, kombiniert mit Mikro- und Arhinencephalie, Arch. f. Psychiatrie, Bd. XXXVIII.
 19. 1905. v. Monakow, C., Gehirnpathologie. Wien.
 20. 1905. Vogt, H., Über die Anatomie, das Wesen und die Entstehung mikrocephaler Mißbildungen, Arbeit. aus dem Hirnanat. Institut in Zürich, Heft I.
 21. 1906. Hertwig, O., Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen und der Wirbeltiere. 8. Auflage. Jena.
 22. 1906. Hilty, O., Geschichte und Gehirn der 49-jährigen Mikrocephalin Cäcilia Gravelli. Arbeit. aus dem Hirnanatom. Instit. in Zürich, Heft II.
 23. 1909. Ernst, P., Mißbildungen des Nervensystems. Die Morphologie der Mißbildungen des Menschen und der Tiere, herausg. von Dr. E. Schwalbe, III. Teil, II. Lieferung, 2. Abt., 2. Kapit.
 24. 1909. Ranke, O., Beiträge zur Kenntnis der normalen und pathologischen Hirnrindenbildung. Ziegler's Beitr. Bd. XLVII.
 25. 1911. Broman, I., Normale und abnorme Entwicklung des Menschen.
 26. 1911. Keibel Franz und Franklin P. Mall, Handbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen, II. Band, Leipzig.
 27. 1915. Bielschowsky, M., Über Mikrogyrie. Journ. f. Psychol. u. Neurol., Bd. 22.
-

*O fizyologicznych własnościach β -imidazolyetylaminy. —
Über die physiologischen Eigenschaften des β -Imidazoly-
äthylamins.*

Note

de M. L. POPIELSKI,

présentée, dans la séance du 11 Décembre 1916, par M. S. Bądryński m. c.

An das β -Imidazolyäthylamin (β -I.) knüpfen sich jetzt die interessantesten, man könnte sagen, brennende Fragen der Physiologie.

Organextrakte und Produkte der Eiweißverdauung enthalten eine Substanz von bisher unbekannter chemischer Zusammensetzung, das Vasodilatin. Ins Blut eingeführt, ruft sie Erscheinungen von sehr komplizierter Natur hervor, welche von Popielski untersucht wurden. Von allen diesen Erscheinungen ist die Herabsetzung des Blutdruckes und die Ungerinnbarkeit des Blutes am wichtigsten. Dale und seine Mitarbeiter suchten in einer Reihe von Arbeiten, die Beziehung zwischen dem Vasodilatin und dem β -I. aufzuklären, welches auch eine ausgeprägte Herabsetzung des Blutdruckes hervorruft, und zwar bereits in Gaben von 0.01 mg auf 1 kg Körpergewicht. Die genannten Forscher¹⁾ haben die Vermutung ausgesprochen, daß das β -I. zwar mit Vasodilatin nicht identisch ist, daß aber: „Popielski's hypothetical „vaso-dilatin“ contains β -i., which base, however, does not affect the coagulability of the blood“.

Diese Vermutung hat an Wahrscheinlichkeit gewonnen, als Barger und Dale aus dem sauren Extrakte der Darmschleimhaut β -I. in kristallinischem Zustande erhalten haben. Dieses Auf-

¹⁾ G. Barger und H. Dale: β -iminazolyäthylamine a depressor constituent of intestinal mucosa. Journal of Physiology, Bd. XLI, Nr 6, S. 503, 1911.

treten des β -I. erscheint angesichts der Fäulnisprozesse, die an der Schleimhaut des Verdauungskanals vor sich gehen, ganz begreiflich. Infolgedessen, nahm Dale an, daß sich das β -I. in allen Organextrakten befindet.

Da die durch das Vasodilatin hervorgerufenen Erscheinungen mit denjenigen des anaphylaktischen Shocks identisch sind, glaubten die genannten Forscher, diese Erscheinungen dem β -I. zuschreiben zu können.

Wie wir aus den Versuchen Tomaszewski's wissen, rufen Organextrakte nach subkutaner Einführung eine reichliche Absonderung von Magensaft hervor; die dabei wirkende Substanz wollen wir kurz Gastrin nennen. Es war also von Wichtigkeit zu erfahren, in welcher Beziehung das β -I. zu dieser neuen Substanz steht.

Experimente, welche in chronischer Form an Hunden mit Magen- und Duodenalfisteln ausgeführt wurden, haben gezeigt, daß das β -I. ein mächtiger Erreger der Magendrüsen ist. Bei einem Hunde von 15 kg Gewicht fand nach subkutaner Einführung von 0.032 β -I. (β -I. hydrochloricum) eine Absonderung von 937.5 cm³ Magensaft statt. Nach einer zehnmal kleineren Gabe wurden 502 cm³ abgesondert, und zwar in einer halb so langen Zeit, nämlich in 2^h 40'. Eine wiederum zehnmal kleinere Dosis — also 0.00032 — bewirkte eine zehnmal geringere Absonderung als die frühere, nämlich von 52 cm³ in 1^h 40'.

Beim Erhitzen auf 130°—132° während 10—20 Stunden zerfällt das Gastrin. Der Magensaft schwächt nach 48 Stunden dauernder Einwirkung die Wirksamkeit des Gastrins.

Dagegen wurde festgestellt, daß das β -I. bei einer Temperatur von sogar 146°—150° seine Wirkung nicht einbüßt, wenn sie auch zehnmal schwächer wird, und daß der Magensaft die Wirkungskraft des β -I. überhaupt nicht herabsetzt.

Einige chemische Methoden, deren sich Ackermann, Barger und Dale zwecks Isolierung des β -I. bedient haben, wurden auch zur Isolierung des Gastrins angewendet. Nach Ausfällung mit Tannin und Entfernung des gebildeten Niederschlags erscheint die Wirkung des Extraktes sechzehnmal, nach Fällung mit Silbernitrat siebenmal schwächer. Angesichts der abschwächenden Wirkung des Magensaftes auf das Gastrin war es wahrscheinlich, daß das Pepton Witte keine Magensaftabsonderung herbeiführen wird.

Diese Vermutung wurde durch Tomaszewski's Versuche bestätigt, denn er erhielt nach Einführung von 1.0 g Pepton W. keine Absonderung. Auch in meinen Versuchen erwiesen sich sogar Gaben von 5.0 g Pepton W. in dieser Richtung als wirkungslos. Angesichts dieser Ergebnisse kann es als festgestellt gelten: 1) daß das β -I. im Witte'schen Pepton nicht enthalten ist, 2) daß das Gastrin mit dem β -I. nicht identisch ist.

Es ist leicht möglich, daß das Gastrin mit β -I. chemisch verwandt, also ebenso wie dieses ein Amin ist. Die Tatsache, daß das β -I. ein Produkt der Dekarbonisation des Histidins darstellt und dieses bei der Hydrolyse des Eiweißes entsteht, zeugt davon, daß die Spaltung eines Eiweißmoleküls zur Entstehung stark wirkender Substanzen von geringem Molekulargewichte führen kann. Für die Entstehung des β -I. ist eine viel stärkere Eiweißspaltung nötig, das Gastrin dagegen entsteht beim Eintauchen der Organextrakte in Säuren, ins Wasser mit 0.9% NaCl, und man ist wohl zu der Annahme berechtigt, daß es auch beim Übergang des „Eiweißes“ vom lebenden Zustand in den toten gebildet wird. Unter gleichen Verhältnissen entsteht auch das Vasodilatin. Manche Substanzen von einheitlicher chemischer Zusammensetzung, wie Kurarin und Morphin, verursachen nach Einführung ins Blut einen Komplex von Erscheinungen, welche bis in die kleinsten Einzelheiten mit der Wirkung des Vasodilatin übereinstimmen. Doch dürfen auf Grund dieser Identität der physiologischen Wirkung Morphin und Kurarin mit Vasodilatin nicht identifiziert werden, da sich weder Morphin noch Kurarin in einem Organextrakte findet. Es ist kaum anzunehmen, daß aus Morphin, einer Substanz von nicht nur einheitlicher chemischer Zusammensetzung, sondern auch von starker chemischer Struktur, sich gleich nach seiner Einführung im Blute neue Substanzen abspalten. Daher liegt die Vermutung nahe, daß aus Blutelementen, welche beim Zusammentreffen mit dem Morphin zerfallen, eine neue Substanz, wahrscheinlich von basischem Charakter, gebildet wird, welche die bekannten Erscheinungen hervorruft. Denselben Zerfallsprozeß muß man auch dann annehmen, wenn das verhältnismäßig neutrale Eiweiß, in das Blut eines Tieres, welches sich im Zustande der Anaphylaxie befindet, eingeführt, einen anaphylaktischen Shock hervorruft. Die Transfusion des Blutes eines Tieres in das Blut einer anderen Tierart ruft die gleichen

Erscheinungen wie Vasodilatin hervor, wie dies Studziński¹⁾ in seiner gründlichen Arbeit gezeigt hat. Bei der Bluttransfusion haben wir zweifellos mit einem Eiweißzerfall zu tun, und zwar vor allem mit dem Zerfall der Blutkörperchen. Dabei entsteht ein Körper, welcher in gleicher Weise wie Vasodilatin wirkt.

Es ist schwer zu sagen, ob in allen hier angeführten Fällen dieselbe Eiweißart des Blutes zerfällt. Daß im Blute stark wirkende Substanzen als Zerfallsprodukte gewisser Gewebe erscheinen können, folgt auch aus der Analyse der Forschungsergebnisse, die sich auf das Vorkommen von Adrenalin im Blute unter gewissen anormalen Zuständen beziehen.

Die Forschungen von Popielski²⁾, Hoskins und Clayton Peek³⁾ und Trendelenburg⁴⁾ haben gezeigt, daß das Adrenalin unter normalen Verhältnissen sich weder im allgemeinen Blutkreislauf noch im Venenblute der Nebennieren befindet; dagegen tritt es im Blut auf: bei Erstickung (Cannon), bei Anämie (Popielski) und nach Kompression der Nebennieren (Popielski, Hoskins und Clayton Peek), also in anormalen Zuständen. In freiem Zustande findet sich das Adrenalin in den Nebennieren nicht. Es ist eine kristallinische, in Wasser leicht lösliche Substanz; wäre es also fertig vorgebildet in freiem Zustande vorhanden, so müßte es auf osmotischem Wege ins Blut gelangen, wo es sich leicht nachweisen ließe. Ginge die ganze Quantität des Adrenalins, welche aus den Nebennieren erhalten werden kann⁵⁾, ins Blut über, so befände sich der Organismus dauernd im Vergiftungszustande. Die Nebennieren enthalten also das Adrenalin gewiß nicht in freiem, sondern in gebundenem Zustande, höchst wahrscheinlich als eine Verbindung mit Eiweiß, von welcher in anormalen Ver-

¹⁾ J. Studziński. Über die giftigen Eigenschaften des Blutes. Zentralblatt für Physiologie, Bd. XXIII, Nr. 22, 1910. K woprosu o jadowitych swojstwach krowi, Doktordissertation, Kiew, 1913, S. 1—316.

²⁾ L. Popielski. Adrenalin und Nebennieren. I. Teil. Normales Blut, Nn. splanchnici und Adrenalin. Pflüger's Archiv, Bd. 165, S. 581.

³⁾ Hoskins und Peek. Wirkung der Nebennierenmassage auf den Blutdruck. Journal of the Americ. med. Assoc., Bd. 60, Nr. 23, 1913.

⁴⁾ Trendelenburg. Archiv für experim. Pathol. und Pharmakologie, Bd. 79, 1915, S. 154—189.

⁵⁾ Nach meinen letzten Berechnungen beträgt die Menge der Adrenalins, welche man aus den Nebennieren des Menschen erhalten kann, pro Tag etwa 0.96 g.

hältnissen das Adrenalin leicht abgespalten wird. Eine solche Abspaltung des Adrenalins kann unter Einwirkung der Kohlensäure des Blutes vor sich gehen, wenn die Zellen der Marksubstanz der Nebennieren in das Blut hineingelangen.

Marchand und Gierke machen darauf besonders aufmerksam, daß wir bei den mikroskopischen Bildern der Blutgefäße der Nebennieren nicht mit Produkten einer aktiven Sekretion zu tun haben, sondern mit Zellen, welche aus den Nebennieren herausgepreßt worden sind. Aus diesen Zellen wird das Adrenalin unter der Einwirkung von CO_2 des Venenblutes frei und macht sich durch die Erhöhung des Blutdruckes fühlbar.

Wäre uns die Struktur des Eiweißes bekannt, so wäre es ein Leichtes, das Losreißen seiner einzelnen Teile zu verstehen und sogar ihre chemische Zusammensetzung vorauszusehen. Gegenwärtig nähern wir uns aber erst der Erkenntnis der Struktur des lebendigen Eiweißes dadurch, daß wir seine einzelnen Zerfallsprodukte kennen lernen. Jedes zerfallende lebendige Eiweiß gibt zwei Substanzen: Vasodilatin und Gastrin. Beide besitzen basischen Charakter und ein Molekulargewicht, welches wahrscheinlich kleiner als dasjenige des β -I. ist.

Aus dem Institut für experimentelle Pharmakologie; Universität Lemberg.

Table des matières par noms d'auteurs

contenues dans le Bulletin International de l'Académie des Sciences de Cracovie
(Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles. — Série B Sciences Naturelles).

Année 1916.

Le nombre inscrit à la suite de chaque Mémoire indique la page.

- Bassalik (C).** Über die Rolle der Oxalsäure bei den grünen Pflanzen. I. Die Zersetzung der Oxalsäure bei *Rumex acetosa* 203.
- Borowiecki (St).** Über die sog. Arhinencephalie und ihre Stellung unter den Mißbildungen des Gehirns 279.
- Cybulski (N).** Zur Thermodynamik der Muskeln 105.
- Czubalski (F).** Die chemischen Reize der Nerven 183.
- Jacek (S).** Untersuchungen über den Stoffwechsel der rhabdocoelen Turbellarien 241.
- Janczewski (E).** Hybride du Groseillier dioïque et hermaphrodite 98.
- Kowalewski (M).** *Marionina tatrensis*, nova species Enchytraeidarum 1.
— A contribution to the knowledge of the Oligochaeta: *Amphichaeta leydigii* (Tauber 1879) M. Kowalewski 1910 77.
— Some remarks upon the reproductive organs in the genus *Chaetogaster* v. Baer 1827 201.
- Kwietniewski (K).** Über die Längsteilung bei *Actinia* Cari 48.
- Lityński (A).** Über den Bau der Extremitäten bei den Cladoceren und deren Bedeutung für das System 3.
- Minkiewicz (S).** Neue und wenig bekannte Crustaceen aus den Taträseen 56.
— Die Crustaceen der Taträseen. Eine physiographisch-faunistische Skizze 262.
- Popielski (L).** Wasserstoffionen und die Sekretion des Pankreassaftes 71.
— Über die physiologischen Eigenschaften des β -Imidazolyläthylamins 293.
- Rogoziński (F).** Beiträge zur Biochemie des Phosphors, II. 81.
- Rouppert (K).** Weitere Beiträge zur Kenntnis der pflanzlichen Brennhaare 160.
- Stefański (W).** Freilebende Nematoden aus Polen. II. Teil 173.
- Tomaszewski (Z).** Über die chemischen Erreger der Magendrüsen 154.
— Über chemische Reize der Magendrüsen. II. Über den Einfluß der Produkte der Eiweißverdauung und der Extraktivstoffe auf die sekretorische Tätigkeit des Pankreas 179.
- Warchol (L).** Über den Einfluß des Adrenalins auf die sekretorische Tätigkeit der Unterkieferdrüse 151.
- Wodziczko (A).** Über eine chemische Reaktion der lebenden Endodermiszellen 31.
- Żmuda (A).** Über eine auffallende Mutation von *Apera spica venti* P. B. 45.
— Die polnischen *Gentiana*-Arten 146.
— Die polnischen *Knautia*-Arten 169.
-
-

THE HISTORY OF THE

... ..

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

BULLETIN INTERNATIONAL
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
DE CRACOVIE

CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES
SÉRIE *B*: SCIENCES NATURELLES

L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE CRACOVIE A ÉTÉ FONDÉE EN 1873 PAR
S. M. L'EMPEREUR FRANÇOIS JOSEPH I.

PROTECTEUR DE L'ACADÉMIE:

S. A. I. ET R. CHARLES ÉTIENNE, ARCHIDUC D'AUTRICHE.

VICE-PROTECTEUR:

Vacat.

PRÉSIDENT:

Vacat.

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL: M. BOLESŁAS ULANOWSKI.

EXTRAIT DES STATUTS DE L'ACADÉMIE:

(§ 2). L'Académie est placée sous l'auguste patronage de Sa Majesté impériale Royale Apostolique. Le Protecteur et le Vice-Protecteur sont nommés par S. M. l'Empereur.

(§ 4). L'Académie est divisée en trois classes:

- a) Classe de Philologie,
- b) Classe d'Histoire et de Philosophie,
- c) Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles.

(§ 12). La langue officielle de l'Académie est la langue polonaise.

Depuis 1885, l'Académie publie le «Bulletin International» qui paraît tous les mois, sauf en août et septembre. Le Bulletin publié par les Classes de Philologie, d'Histoire et de Philosophie réunies, est consacré aux travaux de ces Classes. Le Bulletin publié par la Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles paraît en deux séries. La première est consacrée aux travaux sur les Mathématiques, l'Astronomie, la Physique, la Chimie, la Minéralogie, la Géologie etc. La seconde série contient les travaux qui se rapportent aux Sciences Biologiques.

Publié par l'Académie
sous la direction de M. **Vladislas Kulczyński**,
Secrétaire de la Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles.

Nakładem Akademii Umiejętności.

Kraków, 1918. — Drukarnia Uniwersytetu Jagiellońskiego pod zarządem Józefa Filipowskiego.